



IBAN NL15 RABO 0307 33 99 20

KvK Gouda 29037057

Lid INCE • NAG • ABAV • Ti-Kviv

www.av-consulting.nl

NL - 8033.00.591.B.01

Rapport 200600923-20211520h-1

26 januari 2020

TRILLINGSONDERZOEK

Nieuwbouw bedrijfspand Van Tuijl te Opheusden;
bepaling kans op hinder t.g.v. railverkeer

AKOESTIEK

TRILLINGEN

MILIEU- VERGUNNINGEN

LUCHTONDERZOEK

Opdrachtgever
Gemeente Neder-Betuwe
Burgemeester Lodderstraat 20
4043 KM Opheusden

Adviseur
Fabio Calissi, M.Sc.
Ad (Arie) Vreeswijk, M.Sc. INCE

BEZWAAR EN BEROEP

Namens dezen
T.a.v. Dhr. Barry Dijkerman

Inhoudsopgave

1.	INLEIDING	1
1.1.	Algemeen	1
1.2.	Gegevens	1
2.	SBR-RICHTLIJN B: HINDER VOOR PERSONEN IN GEBOUWEN	2
3.	TRILLINGSMETINGEN	4
3.1.	Situatie en uitgangspunten	4
3.2.	Trillingsmetingen (rapport nr. 20190784)	5
4.	BEREKENINGEN OVERDRACHT BODEM-FUNDERING-VLOER.....	6
4.1.	Overdrachtsprognose bodem-fundering, funderingen “op palen”	6
4.2.	Overdrachtsprognose fundering-vloer	7
4.3.	Cumulatieve overdrachtsfactor	8
5.	RESULTATEN EN TOETSING AAN HINDER.....	9
5.1.	Meetresultaten.....	9
5.2.	Prognoseresultaten kantoorruimten; overdracht van bodem naar vloer	9
5.3.	Bespreking resultaten en beoordeling van de mate hinder.....	11
6.	CONCLUSIE	12
 BIJLAGEN:		
1.	MEETRESULTATEN	
2.	BEREKENINGBLADEN	
3.	TEKENINGEN/GEGEVENS VLOEREN	
4.	TERMEN EN DEFINITIES VAN SBR-B	

1. INLEIDING

1.1. Algemeen

In opdracht van de Gemeente Neder-Betuwe is door AV Consulting B.V. Raadgevende Ingenieurs een trillingsonderzoek uitgevoerd ter plaatse van een bouwplan betreffende het bouwen van één bedrijfspand te Opheusden. Het bouwplan voorziet o.a. in trillingsgevoelige ruimten door de bouw van twee kantoren, één vergaderingsruimte en één bedrijfskantine vanaf ca. 30 meter tot 40 meter afstand van de spoorbaan.

ProRail adviseert indicatief onderzoek te doen naar de te verwachten trillingsniveaus. Aanleiding voor het onderzoek is de zorgplicht van de opdrachtgever om mogelijk toekomstige hinder in het nieuwe pand, ten gevolge van de spoortrillingen te voorkomen of beperken.

Een indicatief onderzoek van ons bureau (rapportnummer 2006006599-20190784-1 d.d. 27 november 2019) bracht de trillingsniveaus in kaart in het gebied ten gevolge van het treinverkeer op de spoorlijnen Arnhem – Dordrecht en Arnhem – Utrecht (Betuweroute). Gelet op de resultaten van dit onderzoek is in het bestemmingsplan het volgende opgenomen:

Een omgevingsvergunning voor het bouwen als bedoeld in lid 3.2 kan slechts verleend worden indien door een aanvullend trillingsonderzoek wordt aangetoond:

- 1. Of er sprake is en zo ja, in welke mate trillingshinder van railverkeer optreedt voor personen en;*
- 2. Indien er sprake is van hinder, welke maatregelen genomen worden zodat er geen sprake is van onevenredige trillingshinder.*

Doel van het onderhavige onderzoek is het prognosticeren van de trillingsniveaus op de vloeren van de kantoren, bedrijfskantine en vergaderingsruimte alsmede het bepalen van de mate van trillingshinder die in voornoemde ruimten kan treden.

Ten behoeve van het onderzoek zijn er in 2019 trillingsmetingen verricht conform de voorschriften uit de SBR-richtlijn B: "Hinder voor personen in gebouwen" gedurende ca. één representatieve week.

Voor de overdracht van de trillingen van de bodem naar het gebouw en van gebouw naar de vloer zijn frequentie afhankelijke overdrachtsfuncties gebruikt.

1.2. Gegevens

Ten behoeve van het onderzoek is gebruik gemaakt van de navolgende gegevens:

- 1) De SBR-richtlijn B "Hinder voor personen in gebouwen" van de Stichting Bouwresearch.
- 2) Document "Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen" d.d. mei 2019 van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- 3) Publicatie nr. 9/1995 "Rekenmodel voor de bepaling van trillingssterkte" van het Ministerie van Volkshuisvesting.
- 4) Publicatie GM-0175097 "Maatregelcatalogus spoortrillingen" van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- 5) Rapport "38098-1 Uitgangspuntendocument" d.d. 15 januari 2021 van Ingenieursbureau Van Roekel en Van Roekel.
- 6) Online kaart "Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN-viewer)".

2. SBR-RICHTLIJN B: HINDER VOOR PERSONEN IN GEBOUWEN

De meet- en beoordelingsrichtlijn B, "Hinder voor personen in gebouwen" bevat richtlijnen voor het meten en beoordelen van hinder voor personen. De richtlijn maakt onderscheid in de functie van het gebouw, aard van de trillingsbron en in bestaande, gewijzigde en nieuwe situaties.

In de Richtlijn vindt de beoordeling plaats door middel van A_1 , A_2 en A_3 :

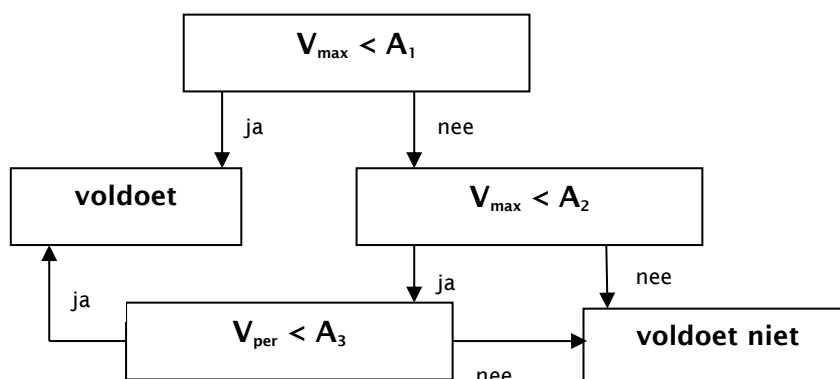
1. A_1 is de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$;
2. A_2 is de bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$;
3. A_3 is de streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per} .

Voor de hoogte van de streefwaarden geldt in algemene zin dat $A_3 < A_1 \leq A_2$.

Er wordt voldaan aan de streefwaarden indien:

4. De waarde van de maximale trillingssterkte in een ruimte ($V_{\max}$) kleiner is dan A_1 of
5. De waarde van de maximale trillingssterkte van een ruimte ($V_{\max}$) kleiner is dan A_2 waarbij de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor de ruimte (V_{per}) kleiner is dan A_3 .

De procedure voor de beoordeling van $V_{\max}$ en V_{per} is in het onderstaande stroomschema aangegeven.



In de richtlijn zijn de streefwaarden onder andere gebaseerd op de functie van het gebouw waar de trillingen beoordeeld moeten worden en de aard van de trillingsbron. In de onderhavige situatie worden de optredende trillingen beschouwd als herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd. De situatie kan worden beschouwd als een nieuwe situatie aangezien het een nieuwbouwplan betreft. In tabel 1 zijn de streefwaarden opgenomen.

Tabel 1: Overzicht streefwaarden hinder.

Gebouwfunctie (SBR – B richtlijn)	Dag- en avond			Nacht		
	A_1 [-]	A_2 [-]	A_3 [-]	A_1 [-]	A_2 [-]	A_3 [-]
Kantoor (nieuwe situatie)	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07

Toetsing zal plaatsvinden voor zowel de dag- avond- en nachtperiode aangezien het railverkeer plaatsvindt in deze perioden.

Voor de afweging van de toelaatbaarheid van de trillingssterkte door railverkeer gedurende langere tijd kan bij overschrijding van de streefwaarden aanvullend gebruik worden gemaakt van de navolgende kwalificatie van de hinder zoals aangegeven in tabel 2.

Tabel 2: Hinderkwalificatie voor railverkeer volgens SBR-richtlijn B.

$V_{\max}$ [-]	Hinderkwalificatie
< 0,1	Geen hinder
0,1 - 0,2	Weinig hinder (bestaande situatie)
0,2 - 0,8	Matige hinder
0,8 - 3,2	Hinder
> 3,2	Ernstige hinder

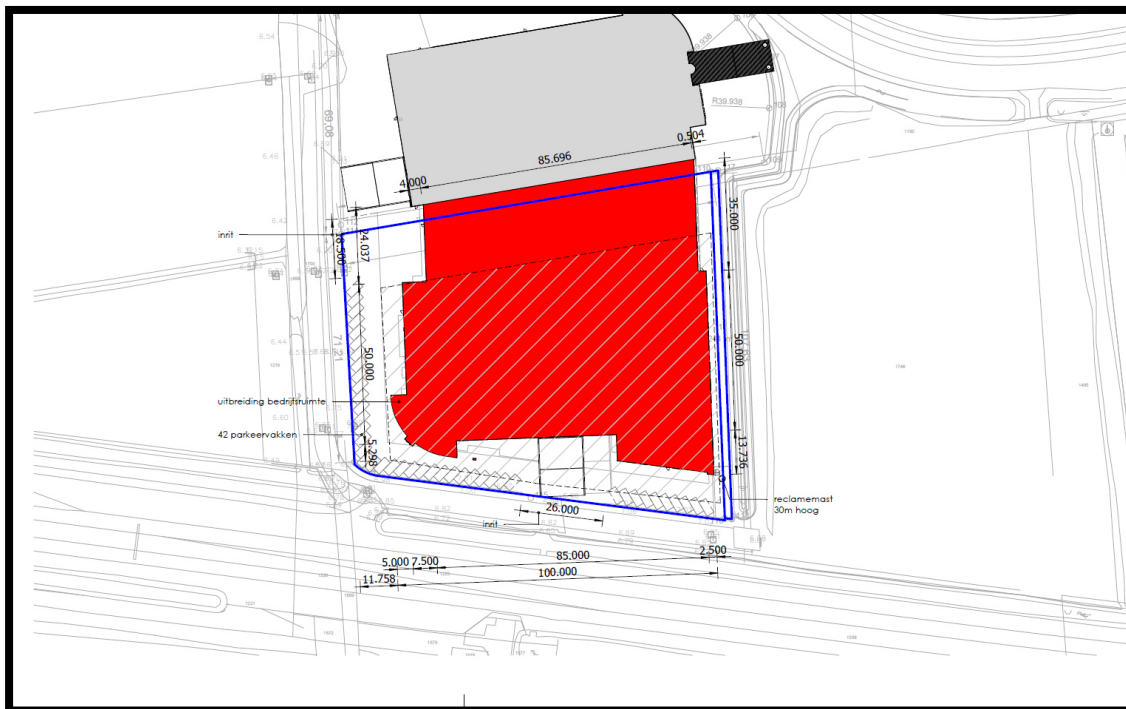
Het accepteren van (matige) trillingshinder door overschrijding van de streefwaarden kan onder meer afhankelijk zijn van de mate waarin de trillingssterkte voorkomt, de aanwezigheid van andere trillingsbronnen (de achtergrondtrillingen), de mogelijkheid tot het treffen van trilling reducerende maatregelen en de historie. In geval van mogelijke hinder dienen de betrokken partijen te overleggen. Ernstige hinder is niet toelaatbaar.

In bijlage 4 zijn termen en definities gegeven relaterend aan de SBR-richtlijn B.

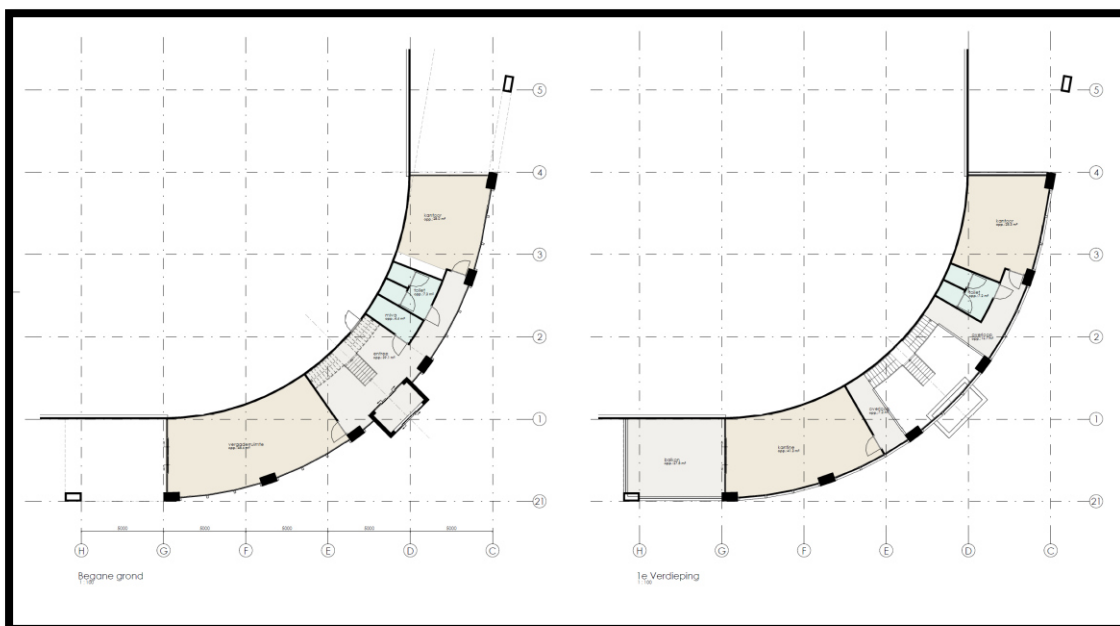
3. TRILLINGSMETINGEN

3.1. Situatie en uitgangspunten

De gemeente Neder-Betuwe wil mogelijke trillingshinder, ten gevolge van treinverkeer voor personeel in de nieuwe kantoren, vergaderingsruimte en bedrijfskantine voorkomen. In figuren 1 en 2 is de nieuwe situatie weergegeven.



Figuur 1: Overzicht van de nieuwe situatie, nieuwbouw in rood; de trillingsgevoelige ruimten liggen ten zuidwesten van het terrein.



Figuur 2: Plattegrondtekeningen van de trillingsgevoelige ruimten, op de begane grond en op de eerste verdieping.

Uit ons onderzoek nr. 20190784 blijkt dat de trillingen in de bodem met betrekking tot het spoorverkeer optreden met dominante frequenties van globaal van ca. 4 t/m 10 Hz in de x-, y- en z-richting; zie bijlage 1.

De afstand tussen de kantoren en de spoorbaan is ca. 30 meter, de afstand tussen de vergaderingsruimte/bedrijfskantine en de spoorbaan is ca. 40 meter. Het gebouw zal een hoogte van ca. 8,6 meter hebben.

Uit het document no. 38098 d.d. 15 januari 2021 van Ingenieursbureau Van Roekel en Van Roekel zijn de volgende gegevens van het project te vinden:

Vloertype en overspanning: om aan de "eis" t.a.v. eigenfrequentie te voldoen zullen wij kiezen voor korte vloeroverspanningen (<5m) met "zware vloeren". Voor de verdiepingsvloeren wordt gekozen voor een breedplaatvloer van 250 mm met zandcement afwerkvloer van 70 mm. Voor de beganegrondvloer kiezen we voor een in het werk gestorte betonvloer op palen van ca. 200 mm dik, gestort op een PS-isolatie en voorzien van een zandcement afwerkvloer van 70 mm. Deze betonvloer zal worden ingeklemd op de funderingsbalk.

Fundering: voor de fundering is een keuze gemaakt voor betonnen funderingsbalken die in het werk worden gestort middels een PS-bekistingsysteem. De funderingsbalken worden middels prefab betonpalen gefundeerd in de draagkrachtige zandlagen.

De bovenstaande gegevens zijn gebruikt in de berekeningen. In bijlage 3 zijn de aanvullende tekeningen evenals specificatie van de vloeren te vinden.

3.2. Trillingsmetingen (rapport nr. 20190784)

In 2019 zijn onbemande trillingsmetingen uitgevoerd op twee positie aan de zuidelijke grens van het bouwplan middels plaatsing van twee tri-axiale trillingsopnemers op 1 meter lange metalen staven die in de grond zijn gedreven. Dit is een beproefde methode om laagfrequente trillingen in de bodem te kunnen meten.

De meetposities liggen op een denkbeeldige lijn loodrecht van het spoor, op een afstand van de spoorbaan van ca. 19 meter (meetpositie 1) en van ca. 29 meter (meetpositie 2).

Op basis van de meetresultaten op meetpositie 2 zijn de trillingsniveaus met behulp van frequentie afhankelijke overdrachtfuncties op de vloeren van het bedrijfspand berekend.

De resultaten van het onderzoek dienen een antwoord te geven op de vraag of er kans op hinder is in de kantoorruimten.

De onbemande metingen zijn uitgevoerd van maandag 4 november 2019 in de ochtend t/m de middag van zondag 10 november 2019. Op de meetlocaties zijn in drie richtingen (één verticaal en twee horizontaal) de optredende trillingen geregistreerd. De x-richting loopt evenwijdig met de breedte-as van het bouwplan dat parallel aan de spoorbaan ligt. Bij de metingen is gebruik gemaakt van de in tabel 3 vermelde meetapparatuur. Deze meetapparatuur voldoet aan de specificaties uit de SBR-richtlijn.

Tabel 3: gebruikte meetapparatuur.

Omschrijving	Merk	Type
Trillingsanalyzer	Profound	Vibra SBR +
3-D geofoon	Profound	Vibra SBR +

4. BEREKENINGEN OVERDRACHT BODEM-FUNDERING-VLOER

Trillingen worden door de bodem overgedragen naar de gebouwconstructie. De mate van trillingsoverdracht hangt af van de wijze van bodem, funderen alsmede de massa en de stijfheid van het gebouw. Maatgevend voor de toetsing is de optredende trillingssterkte in het vloerveld. De constructiewijze, het materiaal en de overspanning van een vloer alsmede de belasting op de vloer bepalen de 'eigenfrequenties' of resonantie frequenties van een vloerveld en de gevoeligheid voor trillingen. De berekeningen van de overdracht van de trillingsniveaus vanaf de bodem tot de vloeren zijn gemaakt conform de publicatie nr. 9/1995 "Rekenmodel voor de bepaling van trillingssterkte" van de Ministerie van Volkshuisvesting.

Aanvullende gegevens van de berekeningen zijn in bijlage 2 te vinden.

4.1. Overdrachtsprognose bodem-fundering, funderingen "op palen"

Bij de overgang van bodem naar gebouwfundatie treedt op hogere frequenties een verzwakking op van trillingen. Deze verzwakking wordt groter bij toenemende frequentie, waarbij de totale verzwakking zal afhangen van de spectrale verdeling.

In de onderwerpelijke situatie zal het funderingssysteem voor de nieuwbouw "op palen" zijn. Voor de overdrachtsverhouding is gebruikt gemaakt van de volgende formules uit literatuur, geldig voor lage gebouwen (< 12 meter hoog) gefundeerd op palen:

$$H_{f, xy} = H_{f1, xy} * H_{f2, xy} \quad \text{horizontale richtingen} \quad (1)$$

$$H_{f, z} = H_{f1, z} * H_{f2, z} \quad \text{verticale richting} \quad (2)$$

Waarin:

$H_{f1, xy}$ (invloed van het funderingssysteem, de horizontale richtingen):

$$H_{f1, xy} = 1$$

$H_{f2, xy}$ (invloed van de stijfheid en afmetingen van het gebouw, horizontale richtingen):

$$H_{f2, xy} = \begin{cases} 1 & f < 10 \text{ Hz} \\ (1,15 - 0,015 * f) & 10 \text{ Hz} \leq f < 50 \text{ Hz} \end{cases}$$

$H_{f1, v}$ (invloed van het funderingssysteem, verticale richting):

$$H_{f1, v} = \begin{cases} 1 & f < 10 \text{ Hz} \\ (1,1 - 0,01 * f) & 10 \text{ Hz} \leq f < 50 \text{ Hz} \end{cases}$$

$H_{f2, v}$ (invloed van de stijfheid en afmetingen van het gebouw, verticale richting):

$$H_{f2, v} = \begin{cases} 1 & f < 10 \text{ Hz} \\ (1,15 - 0,015 * f) & 10 \text{ Hz} \leq f < 50 \text{ Hz} \end{cases}$$

Waarin f de dominante frequentie is van de berekend trillingsniveaus in de bodem in een bepaalde richting.

Voor de onderwerpelijke situatie zijn bij het bedrijfspan de volgende overdrachtsfactoren toegepast op de gemeten trillingsresultaten (trillingssnelheid) in de bodem.

$$H_{f, xy} = 1 * 1 = 1 \quad \text{horizontale overdracht, geldig voor } f = 10 \text{ Hz}$$

$$H_{f, z} = 1 * 1 = 1 \quad \text{verticale overdracht, geldig voor } f = 10 \text{ Hz}$$

4.2. Overdrachtsprognose fundering-vloer

Binnen een gebouw kunnen de trillingsniveaus nog toenemen of afnemen door opslinging van de vloeren. De opslinging van de vloeren kan worden benaderd met de overdrachtsfunctie van een massa-veer systeem waarbij er een sterkte afhankelijkheid is van de eigenfrequenties van de vloer. De overdrachtsfunctie bepaalt de versterkings- of verzwakkingfactor van de trillingen.

De opslinging van de vloeren vanwege de eigenfrequentie van het vloerveld kan worden benaderd met de volgende formule.

$$H_{v,xyz} = (1 + 4\zeta^2 * (f/f_e)^2)^{1/2} / ((1 - (f/f_e)^2)^2 + 4\zeta^2 * (f/f_e)^2)^{1/2} \quad (3)$$

Waarin f = dominante frequentie van gemeten trillingsniveaus [Hz]
 f_e = eigenfrequentie van de vloer [Hz]
 ζ = dempingmaat van de vloer [-]

De bovenstaande formule 3 is geldig in de drie richtingen voor vloeren op begane grond en in de verticale richting voor vloeren op de eerste verdieping. In de onderhavige situatie is er geen opslinging vanaf de fundering tot de 1^e verdiepingsvloeren in de horizontale richtingen.

Voor de worst-case prognoseberekening is de dempingmaat van de vloer bepaald op $\zeta = 0,046$, uit de literatuur.

De eigenfrequentie van een bepaalde vloer - f_e in formule 3 - kan met de volgende formule berekend:

$$f_e = (K/2\pi) * (E*I/\mu*L^4)^{1/2} \quad (4)$$

Waarin K = systeemwaarde, afhankelijke van oplegging systeem [-]
 E = elasticiteitsmodulus materieel [N/m²]
 I = traagheidsmoment van de ligger doorsnede [m⁴]
 μ = massa per eenheid van lengte [kg/m]
 L = overspanning vloer [m]

$K = 22,4$ voor “ingeklemd” oplegging; $9,87$ voor “scharnierend” oplegging.

$E = 2,5 * 10^{10}$ N/m²;

μ = berekend uit gegevens door opgave van opdrachtgever;

$I = (1/12) * bh^3$

$L = 4,8$ [m]

De berekend eigenfrequentie van de vloeren bedragen als volgt:

- 39 Hz voor de begane grond vloeren;
- 31 Hz voor de vloeren op de 1^e verdieping.

De overdrachtsfactor van fundering naar vloer wordt berekend met formule (3).

Deze factoren bedragen voor de begane grond vloeren als volgt:

$H_{fv,xyz} = 1,07$ in de drie richtingen

Deze factoren bedragen voor de 1^e verdieping vloeren als volgt:

$H_{fv,xy} = 1$ in de horizontale richtingen

$H_{fv,z} = 1,12$ in de verticale richting

4.3. Cumulatieve overdrachtsfactor

De cumulatieve overdrachtsfactor in de drie richtingen vanaf bodem tot de begane grond vloeren bedraagt:

$$H_{fv,xyz} = H_{f,xyz} * H_{v,xyz} = 1 * 1,07 = 1,07$$

De cumulatieve overdrachtsfactoren in de drie richtingen vanaf bodem tot de 1^e verdieping vloeren bedragen:

$$H_{fv,xy} = H_{f,xy} * H_{v,xy} = 1 * 1 = 1$$

$$H_{fv,z} = H_{f,z} * H_{v,z} = 1 * 1,12 = 1,12$$

N.B.: Deze factoren zijn aan de conservatief kant berekend. Voor niet stationaire trillingen, zoals bij railverkeer, is de verwachting dat de deze factoren wat lager zullen uitvallen dan hierboven vermeld.

Nauwkeurigheidsmarge meten en rekenen

In de praktijk kunnen de waarden afwijken van de berekende resultaten, dit wordt uitgedrukt in een bepaalde onzekerheid. Voor de voorliggende prognose berekeningen wordt deze onzekerheid ingeschat op ± 3 dB.

Van de bodem (en dus ook de fundering van het spoor) en het gebouw zijn de eigenschappen niet nauwkeurig bekend. Een zand laag kan in verschillende periodes afgezet zijn, waardoor de stijfheid niet overal dezelfde is. In gebouwen geldt iets vergelijkbaars. Stijfheid van een gebouw kan in de tijd wijzigen, door bijvoorbeeld microscheuren, verbouwingen, zettingen van de fundering. Ten slotte moet nog aandacht worden besteed aan het ketengedrag van het systeem (spoor, grond, gebouw): In een berekening van dit systeem kan in elke stap een afwijking van de werkelijkheid optreden. Deze kleine afwijkingen kunnen later relatief grote gevolgen hebben als deze elkaar in de keten versterken.

De gerapporteerde onzekerheid is gebaseerd op een standaardonzekerheid, vermenigvuldigd met een dekkingsfactor $k = 2$, welke overeenkomt met een betrouwbaarheidsinterval van ongeveer 95%.

5. RESULTATEN EN TOETSING AAN HINDER

5.1. Meetresultaten

Gedurende de meetweek hebben stoortrillingen plaatsgevonden; door een analyse van de gemeten snelheidswaarden, traces en spectra zijn deze resultaten geïdentificeerd en geëlimineerd (zie gemarkeerd waarden in bijlage 1). Stoortrillingen ten gevolge van de installatie en de-installatie van de instrumenten zijn ook geëlimineerd. De volledige meetgegevens van meetpositie inclusief dominante frequenties en spectra zijn in bijlage 1 te vinden. In tabel 4 zijn de hoogste meetwaarden als maximale effectieve trillingsnelheid, $V_{\text{eff,max}}$, samengevat voor de dag- en avondperiode en voor de nachtperiode. Zie ook bijlage 1.

Tabel 4: Meetresultaten hinder; dag-, avond- en nachtperiode.

Meetpositie	Periode	Hoogst optredende meetwaarden van $V_{\text{eff,max}}$ [-]		
		z-richting	x-richting	y-richting
2	Dag- en avondperiode	0,68	0,41	0,46
	Nachtperiode	0,50	0,37	0,38

5.2. Prognoseresultaten kantoorruimten; overdracht van bodem naar vloer

De prognose worst-case scenario resultaten op de vloeren zijn in tabel 5 gegeven. Volledige berekeningen en de onafgeronde resultaten zijn te vinden in bijlage 2.

Tabel 5: Prognoseresultaten op de vloeren.

Identificatie	Periode	Hoogst berekende waarde van V_{max} [-], op de vloer		
		z-richting	x-richting	y-richting
Kantoor 30 meter afstand, begane grond	Dag- en avondperiode	0,73	0,44	0,49
	Nachtperiode	0,54	0,40	0,41
Kantoor 30 meter afstand, eerste verdieping	Dag- en avondperiode	0,76	0,41	0,46
	Nachtperiode	0,56	0,37	0,38
Vergaderruimte 40 meter afstand, begane grond	Dag- en avondperiode	0,57	0,34	0,39
	Nachtperiode	0,42	0,31	0,32
Bedrijfskantine 40 meter afstand, eerste verdieping	Dag- en avondperiode	0,60	0,32	0,36
	Nachtperiode	0,44	0,29	0,30

De hoogst berekende waarden voor de dag- en avondperiode en voor de nachtperiode voor $V_{\max}$ zijn opgenomen in tabel 6. De toetsing voor hinder voor de dag- en avondperiode en voor de nachtperiode is in tabel 6 gegeven.

Tabel 6: Toetsing voor hinder in het bedrijfspand; dag-, avond- en nachtperiode.

Identificatie	Periode	$V_{\max}$ [-]	A_1^* [-]	Toetsing	A_2^* [-]	Toetsing
Kantoor 30 m afstand, begane grond	Dag- en avondperiode	0,73	0,15	<u>Voldoet niet</u>	0,6	<u>Voldoet niet</u>
	Nachtperiode	0,54	0,15	<u>Voldoet niet</u>	0,6	<u>Voldoet</u>
Kantoor 30 m afstand, eerste verdieping	Dag- en avondperiode	0,76	0,15	<u>Voldoet niet</u>	0,6	<u>Voldoet niet</u>
	Nachtperiode	0,56	0,15	<u>Voldoet niet</u>	0,6	<u>Voldoet</u>
Vergaderkmr. 40 m afstand, begane grond	Dag- en avondperiode	0,57	0,15	<u>Voldoet niet</u>	0,6	<u>Voldoet</u>
	Nachtperiode	0,42	0,15	<u>Voldoet niet</u>	0,6	<u>Voldoet</u>
Kantine 40 m afstand, eerste verdieping	Dag- en avondperiode	0,60	0,15	<u>Voldoet niet</u>	0,6	<u>Voldoet</u>
	Nachtperiode	0,44	0,15	<u>Voldoet niet</u>	0,6	<u>Voldoet</u>

* waarden uit de SBR-richtlijn.

Uit tabel 6 blijkt dat de onderste streefwaarde (A_1) uit de SBR-richtlijn B wordt overschreden op alle de vloeren gedurende de dag-, avond- en nachtperiode. De bovenste streefwaarde (A_2) wordt ook overschreden ter plaatse van de vloeren van de kantoren. Bepaling van de V_{per} op de vloeren van de kantoren is niet noodzakelijk voor de dag-, avond- en nachtperiode.

De hoogst berekende waarden voor V_{per} zijn opgenomen in tabel 7 voor de dag- en avondperiode. De toetsing voor hinder voor de dag- en avondperiode en voor de nachtperiode is in tabel 7 gegeven.

Tabel 7: Toetsing voor hinder (V_{per}) in het bedrijfspand; dag-, avond- en nachtperiode.

Identificatie	Periode	V_{per} [-]	A_3^* [-]	Toetsing
Vergaderkmr. 40 m afstand, begane grond	Dag- en avondperiode	0,05	0,07	<u>Voldoet</u>
	Nachtperiode	0,04	0,07	<u>Voldoet</u>
Kantine 40 m afstand, eerste verdieping	Dag- en avondperiode	0,05	0,07	<u>Voldoet</u>
	Nachtperiode	0,04	0,07	<u>Voldoet</u>

5.3. Bespreking resultaten en beoordeling van de mate hinder

Kantoren op 30 meter afstand van de spoorbaan:

Uit de worst-case prognose-berekeningen blijkt dat niet wordt voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-richtlijn B gedurende de dag-, avond- en nachtperiode. Uitgaande van de prognose-berekeningen is de verwachting dat in de kantoren matige trillingshinder zal optreden vanwege railverkeer.

Vergaderruimte en bedrijfskantine op 40 meter afstand van de spoorbaan:

Uit de worst-case prognose-berekeningen blijkt dat aan de streefwaarden uit de SBR-richtlijn B wordt voldaan gedurende de dag-, avond- en nachtperiode. Uitgaande van de prognose-berekeningen is de verwachting dat in de vergaderruimte en in de bedrijfskantine matige trillingshinder zal optreden vanwege railverkeer.

Ten slotte blijkt uit de worst-case prognoseresultaten dat in de nieuwe kantoren, vergaderruimte en bedrijfskantine er geen sprake is van onevenredige trillingshinder voor personen in deze ruimten.

6. CONCLUSIE

Uit de resultaten van het voorliggend onderzoek inzake hinder voor personen in gebouwen, kan het volgende worden geconcludeerd:

- Bij het nieuwbouw bedrijfspand Van Tuijl te Opheusden, op de vloeren van de kantoren:

Uit de worst-case prognoseberekeringen blijkt dat niet wordt voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-richtlijn B gedurende de dag-, avond- en nachtperiode. Het is de verwachting dat in de toekomstige nieuwbouw matige trillingshinder zal optreden vanwege railverkeer.

- Bij het nieuwbouw bedrijfspand Van Tuijl te Opheusden, op de vloeren van de vergaderruimte en bedrijfskantine:

Uit de worst-case prognose berekeningen blijkt dat wordt voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-richtlijn B gedurende de dag-, avond- en nachtperiode. Het is de verwachting dat in de toekomstige nieuwbouw matige trillingshinder zal optreden vanwege railverkeer.

Uit de worst-case prognoseresultaten blijkt dat in alle nieuwe trillingsgevoelige ruimten er géén sprake is van onevenredige trillingshinder voor personen.

AV-CONSULTING B.V.

Raadgevende ingenieurs

BIJLAGE 1: MEETRESULTATEN

1A: V_{eff} , max meetweek meetpositie 1 Z

1B: V_{eff} , max meetweek meetpositie 1 X

1C: V_{eff} , max meetweek meetpositie 1 Y

1D: Frequentie meetpositie 1 Z

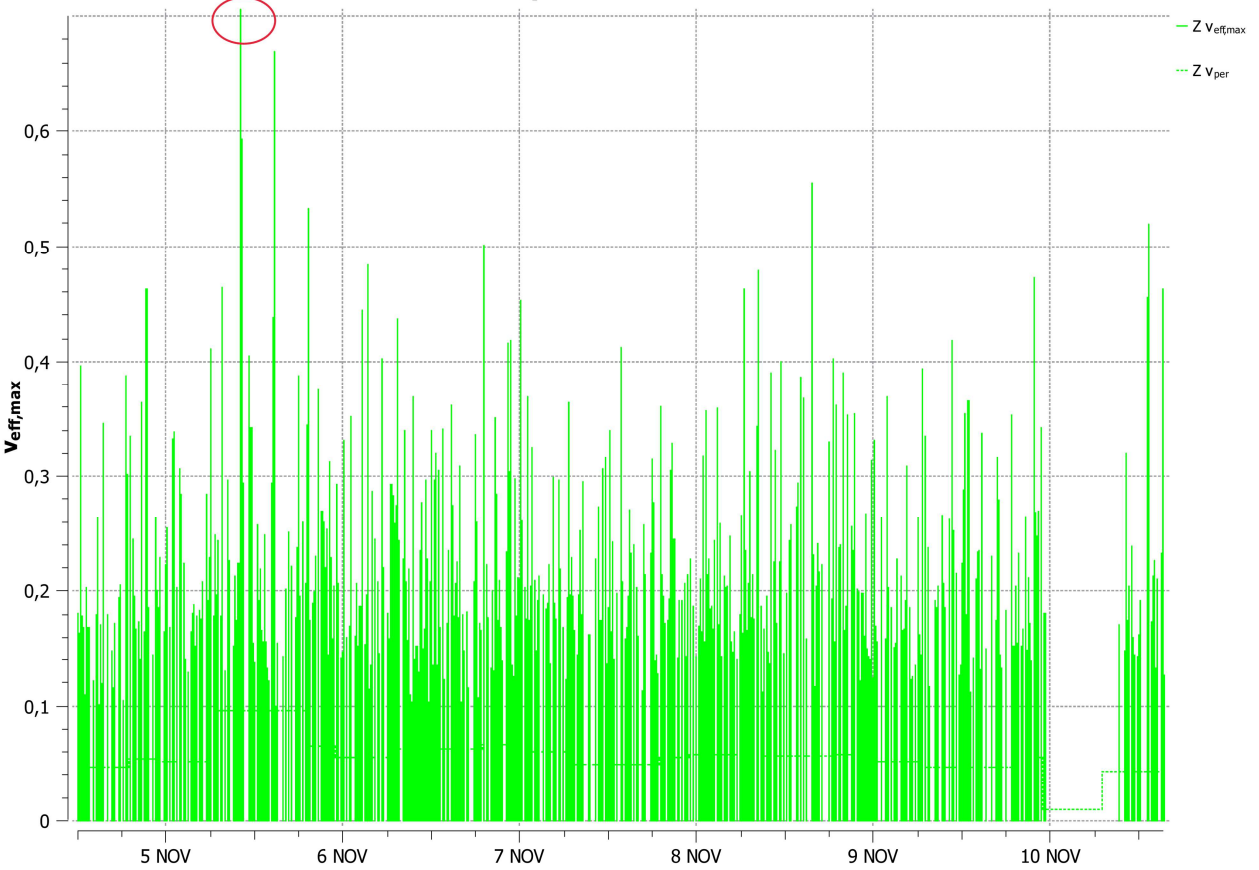
1E: Frequentie meetpositie 1 X

1F: Frequentie meetpositie 1 Y

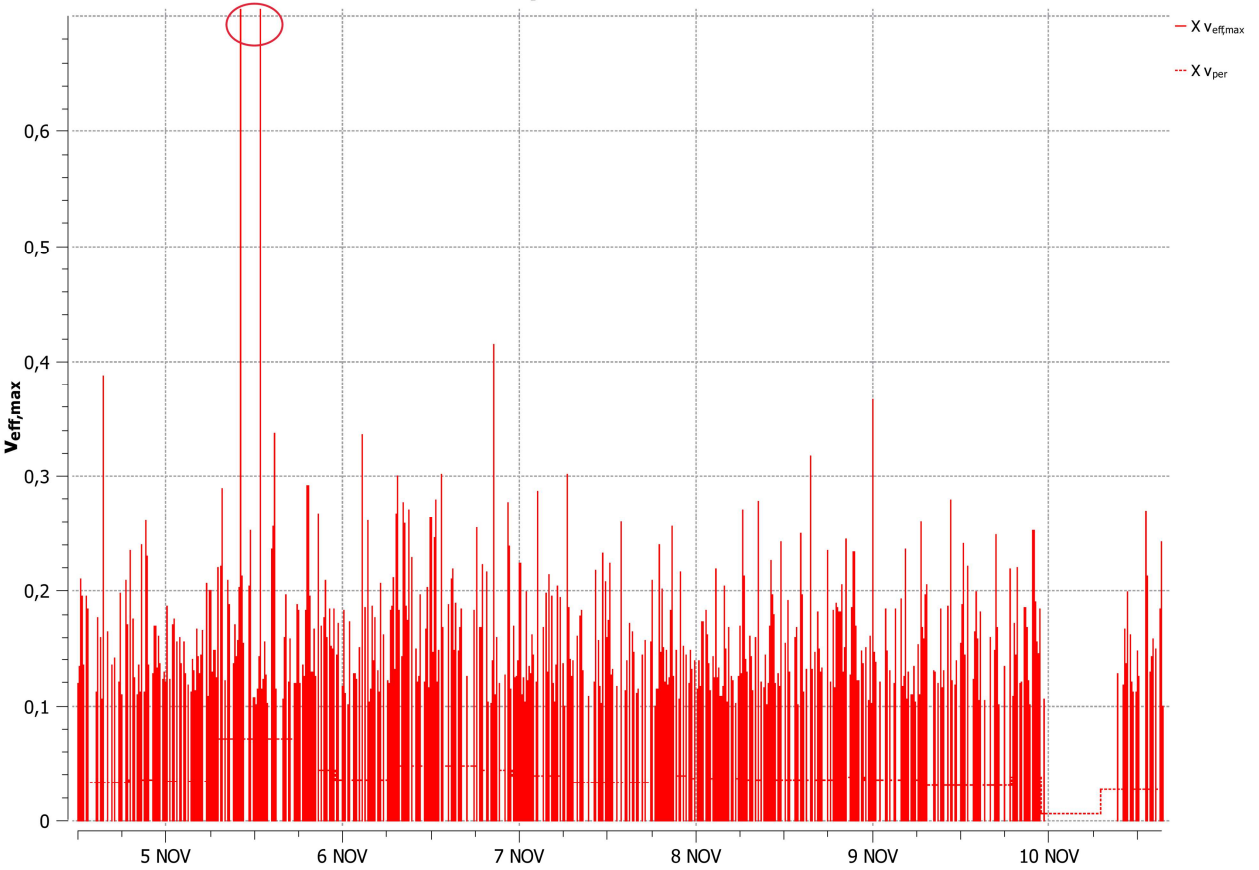
1G: Spectrum relevante 1

1H: Spectrum relevante 2

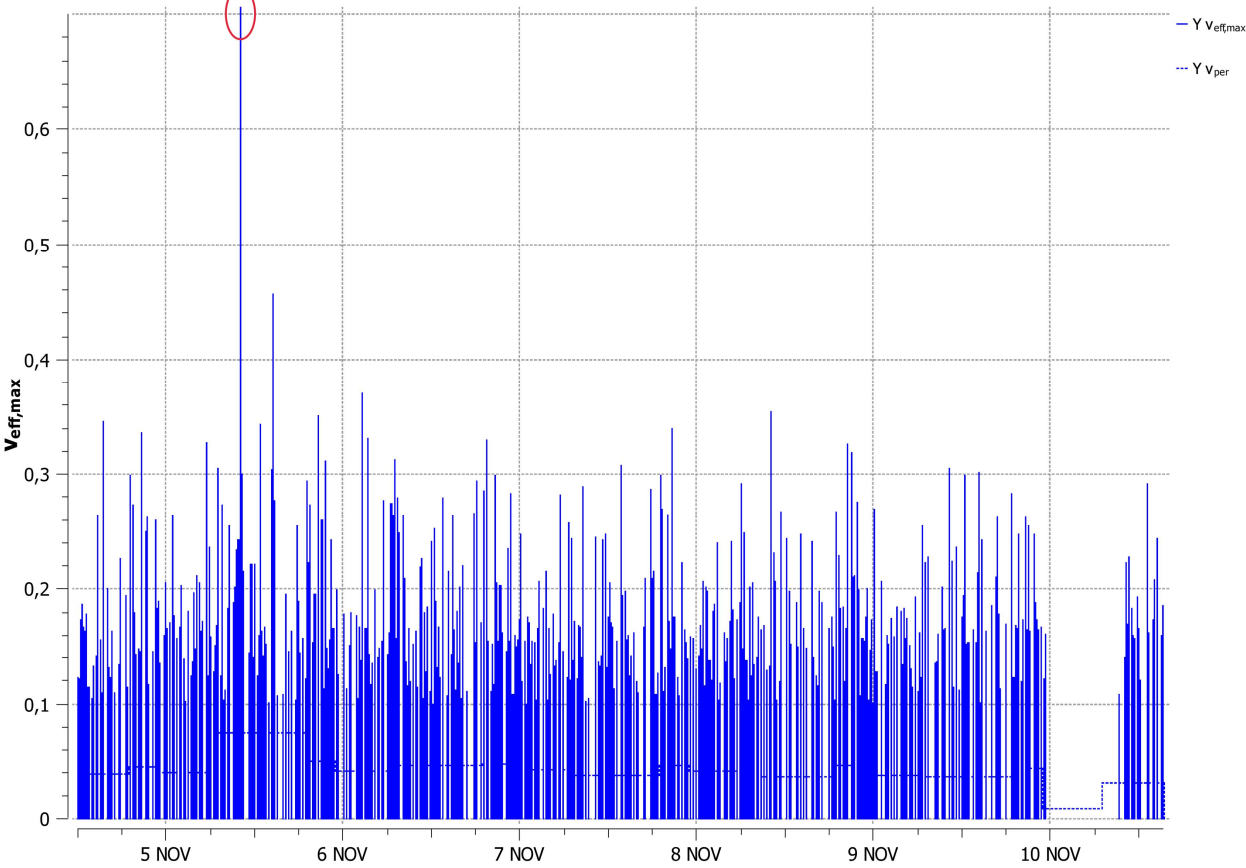
VIB00030 Opheusden 15m 2019-11-04



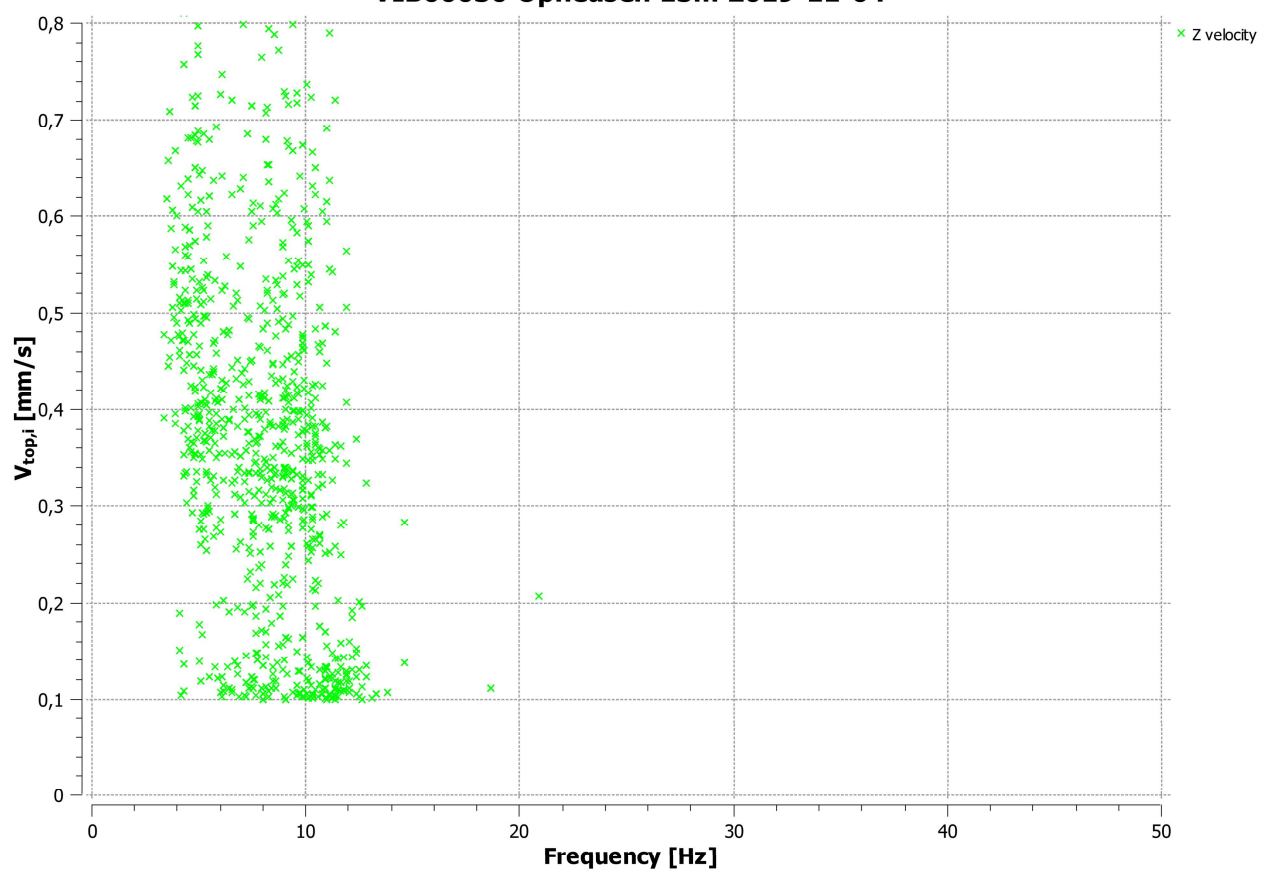
VIB00030 Opheusden 15m 2019-11-04



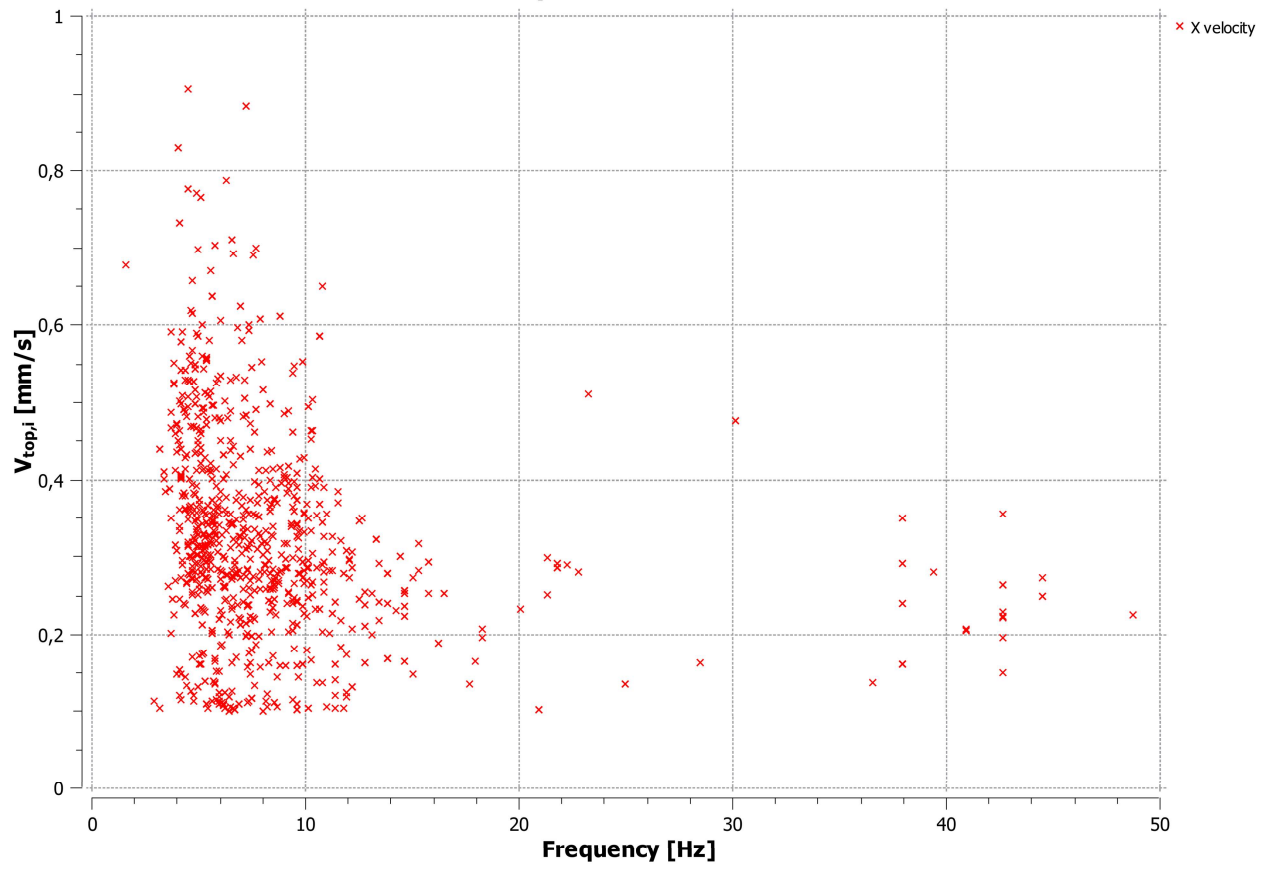
VIB00030 Opheusden 15m 2019-11-04



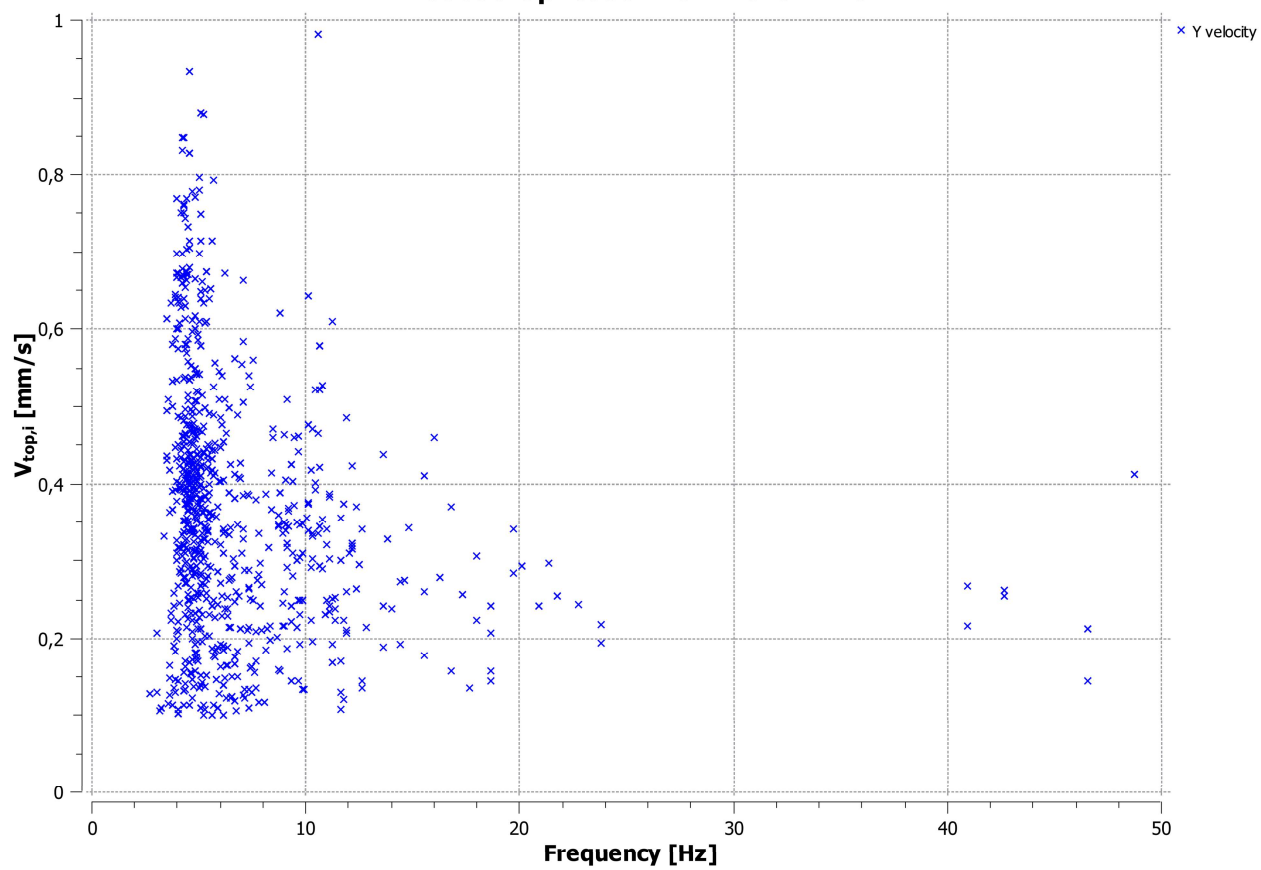
VIB00030 Opheusden 15m 2019-11-04



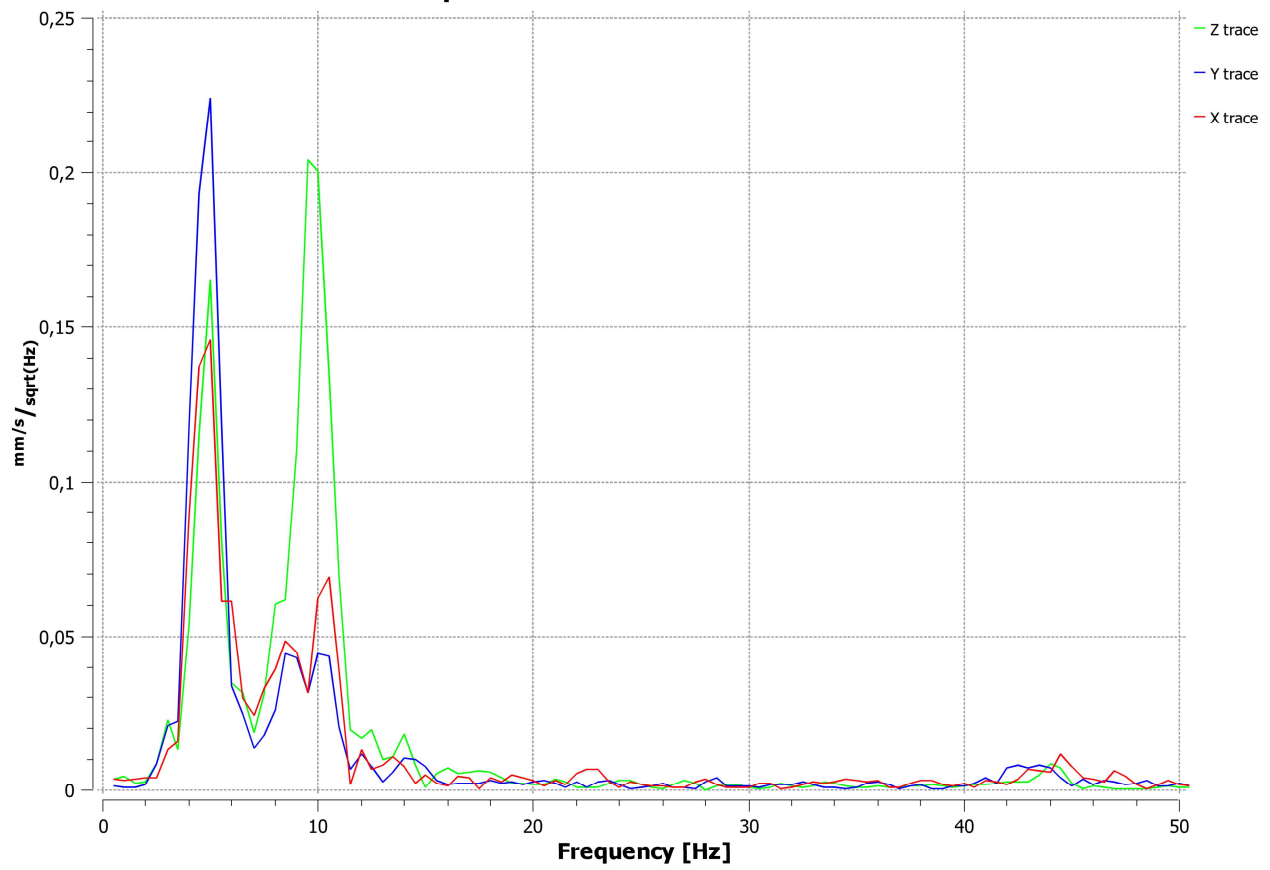
VIB00030 Opheusden 15m 2019-11-04



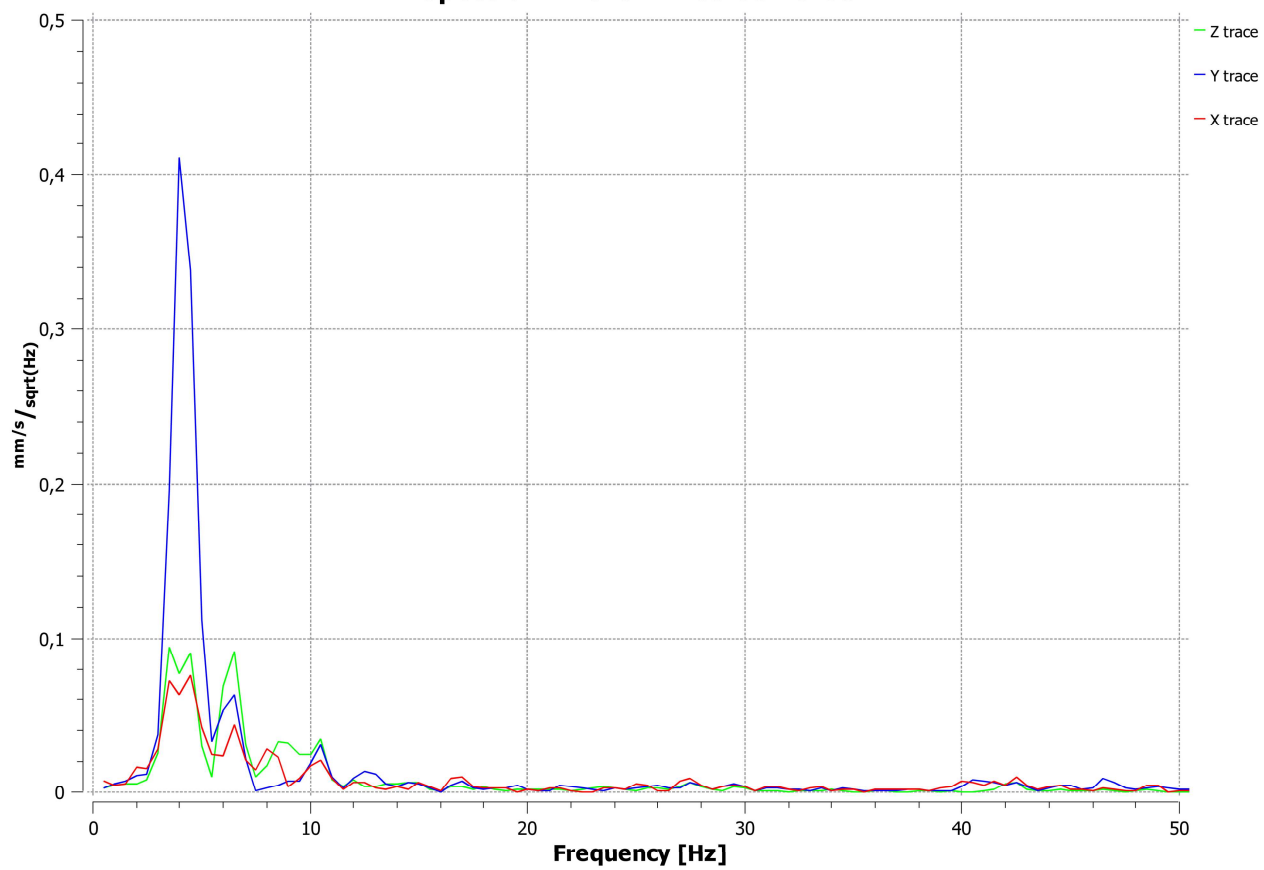
VIB00030 Opheusen 15m 2019-11-04



Spectrum: 2019-11-04 21:23:18



Spectrum: 2019-11-05 05:29:53



BIJLAGE 2: BEREKENINGBLADEN

2A: Berekeningen overdrachtsfactoren kantoor begane grond

2B: Berekeningen overdrachtsfactoren kantoor 1^e verdieping

2C: Prognoseberekening trillingsniveaus

Overdracht bodem fundering:

$H_{f, xy} = H_{f1, xy} * H_{f2, xy}$

$H_{f, z} = H_{f1, z} * H_{f2, z}$

horizontale richtingen

verticale richting

$H_{f, xy} = 1$

$H_{f, z} = 1$

Massa-veer-systeem overdracht formule fundering-vloer:

$$H_{v, xy} = \frac{\sqrt{(1 + 4\zeta^2 * (\frac{f}{f_e})^2)}}{\sqrt{(1 - (\frac{f}{f_e})^2)^2 + 4\zeta^2 * (\frac{f}{f_e})^2}}$$

Waarbij:
H_{v, xy} de horizontale opslingeringsfactor
Fe eigenfrequentie van de vloer
ζ dempingmaat van de vloer

Bedrijfspand, trillingsgevoelige ruimten op begane grond:

Invoergegevens berekeningen:

ζ	f [Hz]	fe [Hz]
0,05	10	39

$H_{v, xy} = 1,07$

$$H_{v, z} = \frac{\sqrt{(1 + 4\zeta^2 * (\frac{f}{f_e})^2)}}{\sqrt{(1 - (\frac{f}{f_e})^2)^2 + 4\zeta^2 * (\frac{f}{f_e})^2}}$$

Waarbij:
H_{v, v} de verticale opslingeringsfactor
Fe eigenfrequentie van de vloer
ζ dempingmaat van de vloer

Invoergegevens berekeningen:

ζ	f [Hz]	fe [Hz]
0,05	10	39

$H_{v, v} = 1,07$

Cumulatief overdracht bodem-vloer:

$H_{fv, xy} =$	1,07
$H_{fv, z} =$	1,07

Overdracht bodem fundering:

$H_{f, xy} = H_{f1, xy} * H_{f2, xy}$

$H_{f, z} = H_{f1, z} * H_{f2, z}$

horizontale richtingen

verticale richting

$H_{f, xy} = 1$

$H_{f, z} = 1$

Massa-veer-systeem overdracht formule fundering-vloer:

$$H_{v, xyz} = \frac{\sqrt{(1 + 4\zeta^2 * (\frac{f}{f_e})^2)}}{\sqrt{\left(1 - (\frac{f}{f_e})^2\right)^2 + 4\zeta^2 * (\frac{f}{f_e})^2}}$$

Waarbij:
H_{v, xy} de horizontale opslingeringsfactor
Fe eigenfrequentie van de vloer
ζ dempingmaat van de vloer

Bedrijfspand, trillingsgevoelige ruimten op 1e verdieping:

Invoergegevens berekeningen:

$H_{v, xy} = 1,00$

$$H_{v, z} = \frac{\sqrt{(1 + 4\zeta^2 * (\frac{f}{f_e})^2)}}{\sqrt{\left(1 - (\frac{f}{f_e})^2\right)^2 + 4\zeta^2 * (\frac{f}{f_e})^2}}$$

Waarbij:
H_{v, v} de verticale opslingeringsfactor
Fe eigenfrequentie van de vloer
ζ dempingmaat van de vloer

Invoergegevens berekeningen:

$H_{v, z} = 1,12$

ζ	f [Hz]	fe [Hz]
0,05	10	31

Cumulatief overdracht bodem-vloer:

$H_{fv, xy} =$	1,00
$H_{fv, z} =$	1,12

Formule van Barkan

$$V_R = V_{R0} * \left[\frac{R_0}{R} \right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:

V_R trillingssterkte (m/s) op een afstand R van de bron;
 V_{R0} trillingssterkte (m/s) op een afstand R_0 van de bron;
R afstand tussen immissiepunt en de bron;
 R_0 afstand tussen meetpunt en de bron;
 α materiaaldemping in de bodem (1/m);
n n = 1 tot 2 voor P- en S-golven;
n = 0.5 voor R-golven.

Rekenmodel met frequentie afhankelijke overdrachtfuncties

Gebouw op ca. 30 m afstand, kantoorruimten op begane grond.

Invoergegevens berekeningen:

R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Z	α [1/m] X	α [1/m] Y	Overdrachtfactor bodem - vloer Z	Overdrachtfactor bodem - vloer X	Overdrachtfactor bodem - vloer Y
30	30	0,5	0,01	0,01	0,01	1,07	1,07	1,07

Dag- en
avondperiode

Z-richting

Veff,max

Vper

VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Z
0,68	30	30	0,5	0,01
0,06	30	30	0,5	0,01

Vmax

Vper

Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]
0,73
0,06

Veff,max

Vper

VR [-]	Frequentie [HZ]
0,68	10
0,06	-

X-richting

Veff,max

Vper

VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] X
0,41	30	30	0,5	0,01
0,05	30	30	0,5	0,01

Vmax

Vper

Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]
0,44
0,05

Veff,max

Vper

VR [-]	Frequentie [HZ]
0,41	10
0,05	-

Y-richting

Veff,max

Vper

VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Y
0,46	30	30	0,5	0,01
0,05	30	30	0,5	0,01

Vmax

Vper

Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]
0,49
0,05

Veff,max

Vper

VR [-]	Frequentie [HZ]
0,46	10
0,05	-

Nachtperiode

Z-richting

Veff,max Vper	VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Z	Veff,max Vper	VR [-]	Frequentie [HZ]
	0,50	30	30	0,5	0,01		0,50	10
	0,05	30	30	0,5	0,01		0,05	-
Vmax Vper	Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]							
	0,54							
	0,05							

X-richting

Veff,max Vper	VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] X	Veff,max Vper	VR [-]	Frequentie [HZ]
	0,37	30	30	0,5	0,01		0,37	10
	0,04	30	30	0,5	0,01		0,04	-
Vmax Vper	Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]							
	0,40							
	0,04							

Y-richting

Veff,max Vper	VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Y	Veff,max Vper	VR [-]	Frequentie [HZ]
	0,38	30	30	0,5	0,01		0,38	10
	0,04	30	30	0,5	0,01		0,04	-
Vmax Vper	Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]							
	0,41							
	0,04							

Formule van Barkan

$$V_R = V_{R0} * \left[\frac{R_0}{R} \right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:

V_R trillingssterkte (m/s) op een afstand R van de bron;
 V_{R0} trillingssterkte (m/s) op een afstand R_0 van de bron;
R afstand tussen immissiepunt en de bron;
 R_0 afstand tussen meetpunt en de bron;
 α materiaaldemping in de bodem (1/m);
n n = 1 tot 2 voor P- en S-golven;
n = 0.5 voor R-golven.

Rekenmodel met frequentie afhankelijke overdrachtfuncties

Gebouw op ca. 30 m afstand, kantoorruimten en kantine

Invoergegevens berekeningen:

R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Z	α [1/m] X	α [1/m] Y	Overdrachtfactor bodem - vloer Z	Overdrachtfactor bodem - vloer X	Overdrachtfactor bodem - vloer Y
30	30	0,5	0,01	0,01	0,01	1,12	1	1

Dag- en
avondperiode

Z-richting

Veff,max

Vper

VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Z
0,68	30	30	0,5	0,01
0,06	30	30	0,5	0,01

Vmax

Vper

Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]
0,76
0,07

Veff,max

Vper

VR [-]	Frequentie [HZ]
0,68	10
0,06	-

X-richting

Veff,max

Vper

VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] X
0,41	30	30	0,5	0,01
0,05	30	30	0,5	0,01

Vmax

Vper

Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]
0,41
0,05

Veff,max

Vper

VR [-]	Frequentie [HZ]
0,41	10
0,05	-

Y-richting

Veff,max

Vper

VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Y
0,46	30	30	0,5	0,01
0,05	30	30	0,5	0,01

Vmax

Vper

Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]
0,46
0,05

Veff,max

Vper

VR [-]	Frequentie [HZ]
0,46	10
0,05	-

Nachtperiode

Z-richting

Veff,max Vper	VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Z	Veff,max Vper	VR [-]	Frequentie [HZ]
	0,50	30	30	0,5	0,01		0,50	10
	0,05	30	30	0,5	0,01		0,05	-
Vmax Vper	Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]							
	0,56							
	0,06							

X-richting

Veff,max Vper	VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] X	Veff,max Vper	VR [-]	Frequentie [HZ]
	0,37	30	30	0,5	0,01		0,37	10
	0,04	30	30	0,5	0,01		0,04	-
Vmax Vper	Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]							
	0,37							
	0,04							

Y-richting

Veff,max Vper	VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Y	Veff,max Vper	VR [-]	Frequentie [HZ]
	0,38	30	30	0,5	0,01		0,38	10
	0,04	30	30	0,5	0,01		0,04	-
Vmax Vper	Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]							
	0,38							
	0,04							

Formule van Barkan

$$V_R = V_{R0} * \left[\frac{R_0}{R} \right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:

V_R trillingssterkte (m/s) op een afstand R van de bron;
 V_{R0} trillingssterkte (m/s) op een afstand R_0 van de bron;
R afstand tussen immissiepunt en de bron;
 R_0 afstand tussen meetpunt en de bron;
 α materiaaldemping in de bodem (1/m);
n n = 1 tot 2 voor P- en S-golven;
n = 0.5 voor R-golven.

Rekenmodel met frequentie afhankelijke overdrachtfuncties
Gebouw op ca. 40 m afstand, vergaderingsruimte op begane grond.

Invoergegevens berekeningen:

R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Z	α [1/m] X	α [1/m] Y	Overdrachtfactor bodem - vloer Z	Overdrachtfactor bodem - vloer X	Overdrachtfactor bodem - vloer Y
30	40	0,5	0,01	0,01	0,01	1,07	1,07	1,07

Dag- en
avondperiode

Z-richting

Veff,max

Vper

VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Z
0,68	30	40	0,5	0,01
0,06	30	40	0,5	0,01

Vmax

Vper

Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]
0,57
0,05

Veff,max

Vper

VR [-]	Frequentie [HZ]
0,53	10
0,05	-

X-richting

Veff,max

Vper

VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] X
0,41	30	40	0,5	0,01
0,05	30	40	0,5	0,01

Vmax

Vper

Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]
0,34
0,04

Veff,max

Vper

VR [-]	Frequentie [HZ]
0,32	10
0,04	-

Y-richting

Veff,max

Vper

VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Y
0,46	30	40	0,5	0,01
0,05	30	40	0,5	0,01

Vmax

Vper

Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]
0,39
0,04

Veff,max

Vper

VR [-]	Frequentie [HZ]
0,36	10
0,039	-

Nachtperiode

Z-richting

Veff,max Vper	VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Z	Veff,max Vper	VR [-]	Frequentie [HZ]
	0,50	30	40	0,5	0,01		0,39	10
	0,05	30	40	0,5	0,01		0,04	-
Vmax Vper	Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]							
	0,42							
	0,04							

X-richting

Veff,max Vper	VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] X	Veff,max Vper	VR [-]	Frequentie [HZ]
	0,37	30	40	0,5	0,01		0,29	10
	0,04	30	40	0,5	0,01		0,03	-
Vmax Vper	Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]							
	0,31							
	0,03							

Y-richting

Veff,max Vper	VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Y	Veff,max Vper	VR [-]	Frequentie [HZ]
	0,38	30	40	0,5	0,01		0,30	10
	0,04	30	40	0,5	0,01		0,03	-
Vmax Vper	Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]							
	0,32							
	0,03							

Formule van Barkan

$$V_R = V_{R0} * \left[\frac{R_0}{R} \right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:

V_R trillingssterkte (m/s) op een afstand R van de bron;
 V_{R0} trillingssterkte (m/s) op een afstand R_0 van de bron;
R afstand tussen immissiepunt en de bron;
 R_0 afstand tussen meetpunt en de bron;
 α materiaaldemping in de bodem (1/m);
n n = 1 tot 2 voor P- en S-golven;
n = 0.5 voor R-golven.

Rekenmodel met frequentie afhankelijke overdrachtfuncties

Gebouw op ca. 40 m afstand, kantine op 1e verdieping.

Invoergegevens berekeningen:

R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Z	α [1/m] X	α [1/m] Y	Overdrachtfactor bodem - vloer Z	Overdrachtfactor bodem - vloer X	Overdrachtfactor bodem - vloer Y
30	40	0,5	0,01	0,01	0,01	1,12	1	1

Dag- en
avondperiode

Z-richting

Veff,max

Vper

VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Z
0,68	30	40	0,5	0,01
0,06	30	40	0,5	0,01

Vmax

Vper

Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]
0,60
0,05

Veff,max

Vper

VR [-]	Frequentie [HZ]
0,53	10
0,05	-

X-richting

Veff,max

Vper

VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] X
0,41	30	40	0,5	0,01
0,05	30	40	0,5	0,01

Vmax

Vper

Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]
0,32
0,04

Veff,max

Vper

VR [-]	Frequentie [HZ]
0,32	10
0,04	-

Y-richting

Veff,max

Vper

VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Y
0,46	30	40	0,5	0,01
0,05	30	40	0,5	0,01

Vmax

Vper

Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]
0,36
0,04

Veff,max

Vper

VR [-]	Frequentie [HZ]
0,36	10
0,039	-

Nachtperiode

Z-richting

Veff,max Vper	VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Z	Veff,max Vper	VR [-]	Frequentie [HZ]
	0,50	30	40	0,5	0,01		0,39	10
	0,05	30	40	0,5	0,01		0,04	-
Vmax Vper	Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]							
	0,44							
	0,04							

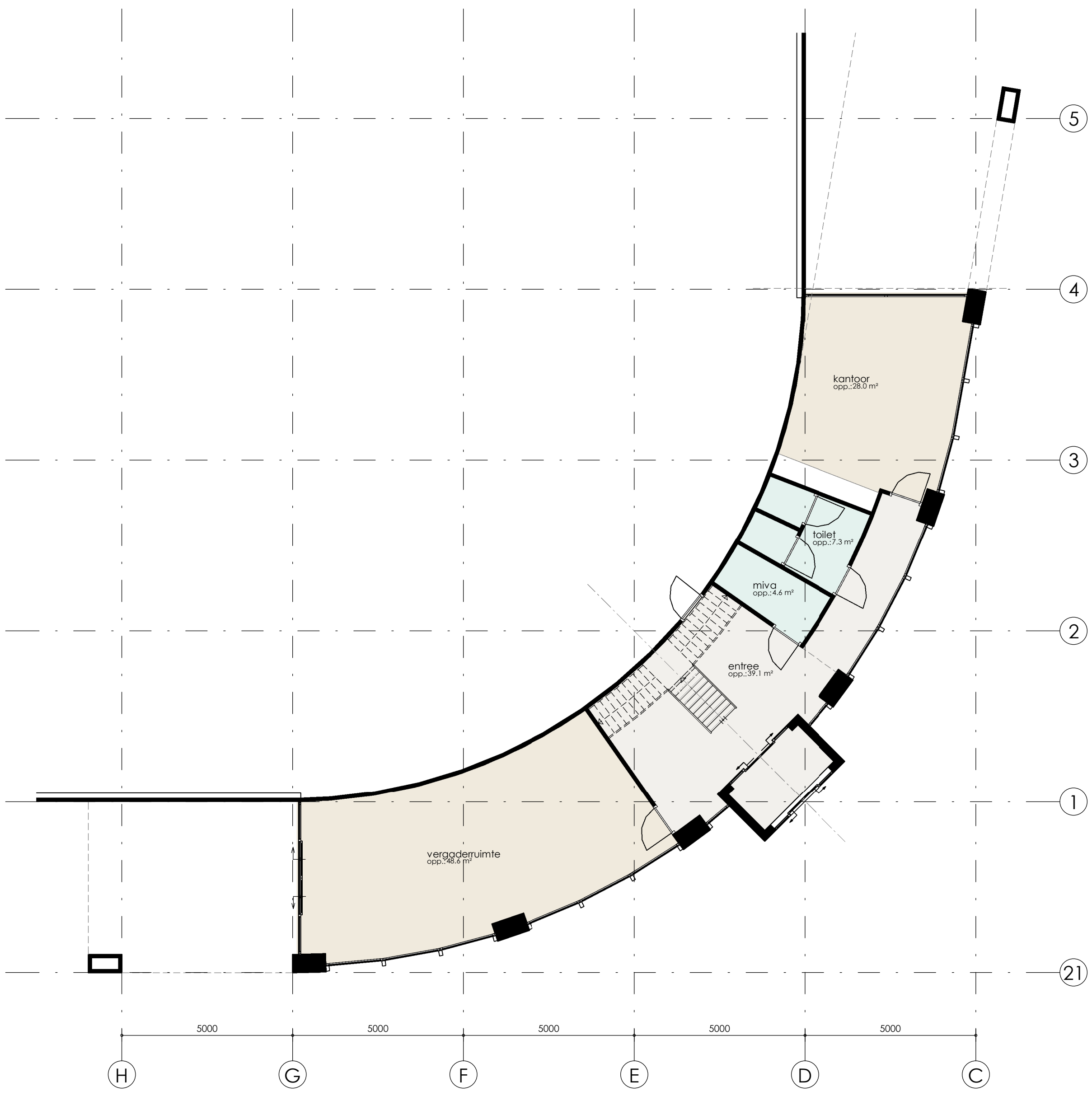
X-richting

Veff,max Vper	VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] X	Veff,max Vper	VR [-]	Frequentie [HZ]
	0,37	30	40	0,5	0,01		0,29	10
	0,04	30	40	0,5	0,01		0,03	-
Vmax Vper	Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]							
	0,29							
	0,03							

Y-richting

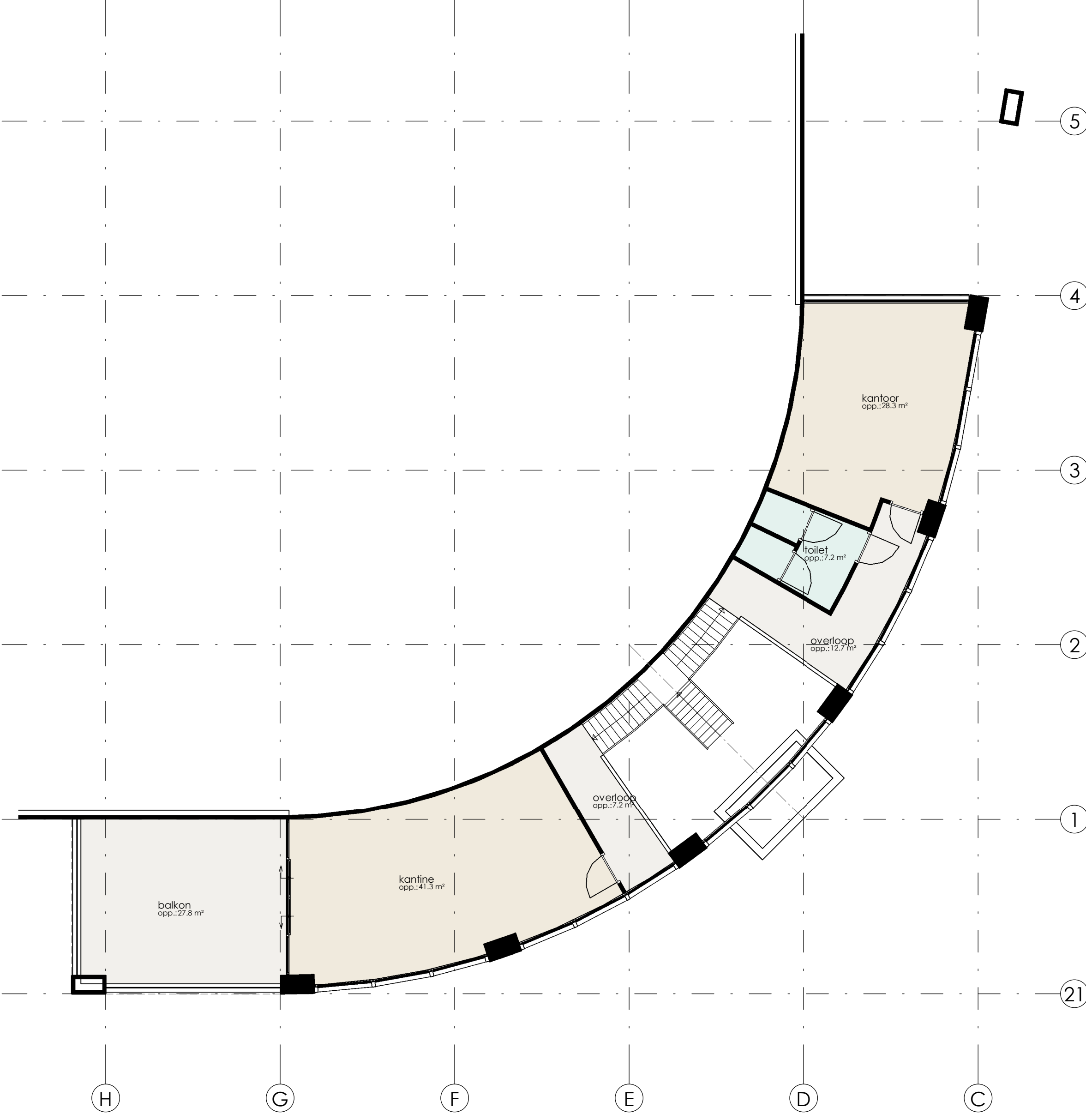
Veff,max Vper	VR0 [-]	R0 [m]	R [m]	n [-]	α [1/m] Y	Veff,max Vper	VR [-]	Frequentie [HZ]
	0,38	30	40	0,5	0,01		0,30	10
	0,04	30	40	0,5	0,01		0,03	-
Vmax Vper	Prognose trillingsniveaus (op de vloer) [-]							
	0,30							
	0,03							

BIJLAGE 3: TEKENINGEN/GEGEVENS VLOER



Begane grond

1 : 100



1e Verdieping

1 : 100



Project:	Nieuwbouw bedrijfspand met kantoor voor Van Tuijl
Werknummer:	18-146
Bladnummer:	05 Plattegronden kantoor
Bouwadres:	ABC terrein te Opeusden
Fase:	DO
Getekend:	J. Willemsen
Datum:	12-01-2021
Schaal:	1:100
Almeting:	A1
Wijziging:	

HUIBERS bureau voor architectuur
Bonegraafseweg 4b
6669 MH Dodewaard

0488 - 443886
info@bureauhuibers.nl
www.bureauhuibers.nl

Rapport

PROJECT: 38098

Uitbreiding Van Tuijl Pots en Trays, ABC terrein, Opheusden

Van Roekel & Van Roekel
Wilhelminastraat 27, 3911MB, Rhenen
Tel. (0317) 68 11 00
E-mail: info@roekel.nl
Website: www.roekel.nl
ABN-Amro, Rek.nr.: NL49ABNA047.86.15.914
Rabobank, Rek.nr.: NL02RABO036.70.50.250



supervisie
paraaf:

Projectnr. : 38098
Berekening : 1 d.d. : 15-01-2021

Project : Uitbreiding Van Tuijl Pots en Trays
ABC terrein
Opheusden

Onderdeel : Uitgangspuntendocument kantoor m.b.t. trillingen
als gevolg van spoorverkeer Betuwelijn

Berekening in opdracht van :
Huibers, Bouwkundig teken- & adviesbureau
Jasper Willemsen
Bonegraafseweg 6b
6669 MH DODEWAARD

Behandelend constructeur:
Ing. R. Lauber

Supervisor : Anton van Roekel



Opdrachten worden aanvaard en uitgevoerd volgens De Nieuwe Regeling DNR2011, met alle daarop aanvullende bepalingen, gedeponeerd ter Griffie van de Arrondissementsrechtbank te 's Gravenhage. Handelsregister Utrecht; dossiernr.: 51025612.

Betreft : Uitbreiding Van Tuijl Pots en Trays, ABC terrein, Opheusden
Projectnr. : 38098-1
Datum : 15-1-2021



Bladzijde: 1

Projectomschrijving:

Dit project betreft de uitbreiding van een bedrijfspand voor van Tuijl pots, trays & sticks aan de Pottenveld 2 te Opheusden. In deze beknopte samenvatting worden de uitgangspunten van het ontwerp voor het kantoorgedeelte toegelicht. De beschreven uitgangspunten spitsen zich met name toe op de ontwerpkeuzes betreft de constructie en fundering i.r.t. de mogelijke trillingen als gevolg van het railwegverkeer van de Betuwelijn. De uitgangspunten hiervoor zijn genomen uit het rapport 200600923-20201474h-1, 9 dec 2020, AV consulting B.V. van het naastgelegen plan van Hendriks Transport.

Uit de prognose-resultaten genoemd in de conclusie van genoemd rapport wordt aangegeven dat met de keuze voor vloeren met eigenfrequentie >25 Hz blijkt dat er géén sprake is van onevenredige trillingshinder voor personen.

Ontwerpkeuzes:

Vloertype en overspanning: om aan de "eis" t.a.v. eigenfrequentie te voldoen zullen wij kiezen voor korte vloeroverspanningen (<5m) met "zware vloeren". Voor de verdiepingvloeren wordt gekozen voor een breedplaatvloer van 250 mm met zandcement afwerkvloer van 70 mm. Voor de begane grondvloer kiezen we voor een in het werk gestorte betonvloer op palen van ca. 200 mm dik, gestort op een PS-isolatie en voorzien van een zandcement afwerkvloer van 70 mm. Deze betonvloer zal worden ingeklemd op de funderingsbalk.

Fundering: voor de fundering is een keuze gemaakt voor betonnen funderingsbalken die in het werk worden gestort middels een PS bekistingsysteem. De funderingsbalken worden middels prefab betonpalen gefundeerd in de draagkrachtige zandlagen.

Draagconstructie: voor de draagconstructie van de vloeren en het dak wordt de keuze gemaakt voor kalkzandsteen wanden, gecombineerd met een draagconstructie van stalen balken en kolommen ter plaatse van de gevelopeningen.

Na controle van deze uitgangspunten door ODR zullen we een constructief ontwerp opstellen met schetsplattegronden.

Rhenen, 15-01-2021

Romano Lauber

Betreft : Uitbreiding Van Tuijl Pots en Trays, ABC terrein, Opheusden
Projectnr. : 38098-1
Datum : 15-1-2021

Algemeen

Voorschriften	: EUROCODES, EN 1990 t/m EN 1999
Windgebied	: III ; Onbebouwd
Gebouwhoogte	: 8,60 m; Stuwdruk $P_w = 0,67 \text{ kN/m}^2$
Gebouwtype	: Kantoorgebouw
Ontwerplevensduur klasse	: 3 NEN-EN 1990 NB tabel 2.1
Ontwerplevensduur	: 50 NEN-EN 1990 NB tabel 2.1
Gevolgklasse	: CC2 NEN-EN 1990 NB tabel B1 ($K_{fi} = 1,0$)
Betrouwbaarheidsklasse	: RC2 NEN-EN 1990 tabel B2
Montagevoorschrift	: geen NEN 1092-2, art. 9.3.1
Supervisioniveau	: DSL2 NEN-EN 1990 tabel B4
Inspectieniveau	: IL3 NEN-EN 1990 tabel B5
Uitvoeringsklasse	: EXC2 NEN-EN 1993 tabel C1

Materiaalkwaliteiten (indien in berekening niet anders vermeld.)

Staal	: S235	Bouten	: 8.8	Ankers	: 4.6
Beton	: C20/25	Betonstaal	: B500B		
Hout	: C18				

Opmerkingen

- Oplegging latei/balk: indien niet vermeld, 1.5 maal profielhoogte met een minimum van 150mm
- De maatvoering in deze berekening is niet bestemd voor uitvoering
- De staalconstructie is **niet** op brandwerendheid gecontroleerd.
- Berekeningen en tekeningen derden ter controle voorleggen aan ons bureau.

Betreft : Uitbreiding Van Tuijl Pots en Trays, ABC terrein, Opheusden
 Projectnr. : 38098-1
 Datum : 15-1-2021

Belasting combinaties NEN-EN 1990

NB tabel NB.3-A1.2(A)-Rekenwaarden voor de belastingen (EQU)(groep A)

Uiterste grenstoestanden voor de stabiliteit

Blijvende belastingen		Overheersende Ver.belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende		
Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste	Andere	
1,00 $G_{k,j,sup}$	1,00 $G_{k,j,inf}$	1,00 $Q_{k,1}$		1,00 $\Psi_{0,i} Q_{k,i(i>1)}$	(6.10)

NB tabel NB.4 en NB.5-A1.2(B)-Rekenwaarden voor de belastingen (STR/GEO)(groep B)

Uiterste grenstoestanden voor de sterkte (zonder geotechnische belastingen of grondweerstand)

Blijvende belastingen		Overheersende Ver.belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende		
Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste	Andere	
1,35 $G_{k,j,sup}$	0,90 $G_{k,j,inf}$		1,50 $\Psi_{0,1} Q_{k,1}$	1,50 $\Psi_{0,i} Q_{k,i(i>1)}$	(6.10a)
1,20 $G_{k,j,sup}$	0,90 $G_{k,j,inf}$	1,50 $Q_{k,1}$		1,50 $\Psi_{0,i} Q_{k,i(i>1)}$	(6.10b)

NB tabel NB.6-A1.2(C)-Rekenwaarden voor de belastingen (STR/GEO)(groep C)

Uiterste grenstoestanden voor de sterkte (met geotechnische belastingen of grondweerstand)

Blijvende belastingen		Overheersende Ver.belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende		
Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste	Andere	
1,00 $G_{k,j,sup}$	1,00 $G_{k,j,inf}$	1,30 $Q_{k,1}$		1,30 $\Psi_{0,i} Q_{k,i(i>1)}$	(6.10)

Tabel A1.4-Rekenwaarden voor de belastingen (BGT)

Bruikbaarheidsgrenstoestanden

Blijvende belastingen		Overheersende Ver.belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende		
Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste	Andere	
1,00 $G_{k,j,sup}$	1,00 $G_{k,j,inf}$	1,00 $Q_{k,1}$		1,00 $\Psi_{0,i} Q_{k,i(i>1)}$	karakteristiek frequent quasi blijvend
1,00 $G_{k,j,sup}$	1,00 $G_{k,j,inf}$	1,00 $\Psi_{1,1} Q_{k,1}$		1,00 $\Psi_{2,i} Q_{k,i(i>1)}$	
1,00 $G_{k,j,sup}$	1,00 $G_{k,j,inf}$	1,00 $\Psi_{2,1} Q_{k,1}$		1,00 $\Psi_{2,i} Q_{k,i(i>1)}$	

Betreft : Uitbreiding Van Tuijl Pots en Trays, ABC terrein, Opheusden
 Projectnr. : 38098-1
 Datum : 15-1-2021

Belastingen daken en vloeren e.d. [kN/m²]

Blijvende belastingen (G)

Omschrijvingen	Blijvende Belasting	Rustende Belasting	Totaal $G_{rep,tot}$
Sandwichpaneel dakplaat	0,20	+	= 0,20
Afwerking	0,10	+	= 0,10
Stalendak + wvb + gordingen			$G_{tot,1} = 0,30$

Omschrijvingen	Blijvende Belasting	Rustende Belasting	Totaal $G_{rep,tot}$
Breedplaatvloer 250mm	6,25	+	= 6,25
Cementdekv. ca. 70mm	1,40	+	= 1,40
Verd. vloer breedplaat 250mm			$G_{tot,2} = 7,65$

Omschrijvingen	Blijvende Belasting	Rustende Belasting	Totaal $G_{rep,tot}$
Betonvloer 200mm	5,00	+	= 5,00
Begane grondvloer			$G_{tot,3} = 5,00$

Veranderlijke belastingen (Q)

Categorie H : daken H niet toegankelijk					
Ψ_0	0,00	Ψ_1	0,00	Ψ_2	0,00
$Q_{k,1}$	=	1,50 kN		$q_{k,1}$	= 1,00
				$q_{tot,1}$	= 1,00

Categorie B : kantoorfuncties B kantoorruimten					
Ψ_0	0,50	Ψ_1	0,50	Ψ_2	0,30
$Q_{k,2}$	=	3,00 kN		$q_{k,2}$	= 2,50
				$q_{tot,2}$	= 2,50

Categorie B : kantoorfuncties B kantoorruimten					
Ψ_0	0,50	Ψ_1	0,50	Ψ_2	0,30
$Q_{k,3}$	=	3,00 kN		$q_{k,3}$	= 2,50
				$q_{tot,3}$	= 2,50

Belastingen wanden e.d.

Blijvende belastingen (G)

Kalkzandsteen 214	$G_{tot,11} =$	4,00 kN/m ²
Kalkzandsteen 214	$G_{tot,12} =$	4,00 kN/m ²
Halfsteens metselwerk	$G_{tot,13} =$	2,00 kN/m ²
Pui	$G_{tot,14} =$	0,50 kN/m ²

De breedplaatvloer is een verdieping- of dakvloer met grote constructieve mogelijkheden (bijv. versterkte stroken, uitkragingen, trap-sparingen en vierzijdige opleggingen). De breedplaatvloer bestaat uit geprefabriceerde betonnen platen van minimaal 50 mm dik waar overheen een druklaag wordt gestort. De vloer is in voorgespannen en niet-voorgespannen uitvoering leverbaar.

Toepassingen

- Nieuwbouw
- Uitbreidingen
- Zowel kleinschalige- als seriematige woning- en utiliteitsbouw
- Vloeren met een overkraging

Voordelen en eigenschappen

- In de druklaag van de vloer zijn eenvoudig leidingen te verwerken
- Inwendige versterkingen zijn mogelijk
- Sparingen zijn geen probleem
- In vrijwel elke vorm te maken
- Verankeringen met een wand zijn goed mogelijk
- Lijnlasten op de vloer zijn geen probleem
- De service, kennis en ervaring van Havebo

Specificaties

Niet voorgespannen

Dikte*	Breedte	Lengte	Gewicht
50-100 mm	2400 mm	max. 10 m ¹	1,25-2,50 kN/m ²
50-70 mm	3000 mm	max. 12 m ¹	1,25-1,75 kN/m ²

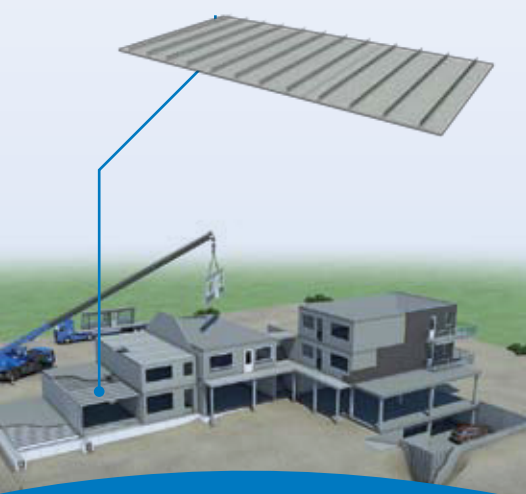
* De tussenliggende dikten lopen op met stappen van 10 mm

Voorgespannen

Dikte	Breedte	Lengte	Gewicht
50-80-100 mm	2400 mm	max. 12 m ¹	1,50-2,50 kN/m ²
70-80-90 mm	3000 mm	max. 12 m ¹	1,75-2,25 kN/m ²

Productkwaliteiten

Milieuklasse	XC1, hoger is mogelijk
Brandwerendheid	60 minuten, langer is mogelijk
Betonkwaliteit	C20/25 of hoger, van de druklaag is de sterkteklasse C20/25 of hoger
Staalkwaliteit	voorspanstaal FEP 1670 en 1770, overige vloerwapening (staven en netten) en druklaagwapening FeB 500



Opstorting	Is variabel en afhankelijk van de overspanning, de betonkwaliteit en de doorbuigingseis.
Pasplaten	Pasplaten zijn in vrijwel onbeperkte vormen en afmetingen verkrijgbaar. De minimale passtrookbreedte is 300 mm
Sparingen	Worden uitgevoerd in gasbeton en polystyreen. De plaatsingmogelijkheden zijn groot en de afmetingen variabel.
Voegen/randen	De voeg- of randdetails van de diverse breedplaatvloeren zijn verschillend.
Plaatwapening	In de vloerplaten wordt standaard wapening en/of voorspanwapening aangebracht en worden verdeelwapening en tralieliggers toegepast.
Druklaagwapening	Havebo verzorgt ook het tekenen en/of leveren van de druklaagwapening. Het gaat hier om raveel-, steunpunt-, koppel- en voegwapening.
Bovenwapening	Optioneel mee te leveren. In standaard uitvoering en, tegen meerprijs, geknipt en gebogen.
Oplegging	De vloerelementen worden aangebracht overeenkomstig het legplan dat door of vanwege de producent is verstrekt. De ontwerp opleglengte is in het legplan aangegeven.

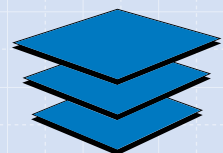
Verwerking

- Levering op het werk op het afgesproken tijdstip.
- Leggen van de platen rechtstreeks vanaf de vrachtwagen m.b.v. kraan.
- Onderstempeling aanbrengen om de vloer tijdens het uitharden van de druklaag te ondersteunen.
- Voorbereidingen voor het storten van het beton treffen:
o.a. leidingwerk aanbrengen, sparingsen afwerken, bij leg- en bovenwapening aanbrengen, randkist stellen.
- Vulbeton storten en verdichten.
- Vloer afwerken.



Wilt u meer over de breedplaatvloer weten? Neem dan contact met ons op en wij maken u graag duidelijk waarom de breedplaatvloer van de Havebo Groep ook voor u de beste keuze is.

www.havebo.nl



**HAVEBO
GROEP**

BIJLAGE 4: TERMEN EN DEFINITIES VAN SBR-B

4 Termen en definities

Opmerking: de termen en definities zijn, voor zover van toepassing, in overeenstemming met NEN-ISO 2041 [3]

Amplitude-frequentie karakteristiek: de verhouding tussen ingaand en uitgaand signaal van een meetstelsel als functie van de frequentie, gegeven in een zeker frequentie-interval.

Beoordelingsperiode: een tijdsinterval waarin een dag wordt verdeeld voor de toetsing van de trillingssterkte aan de streefwaarden:

de dagperiode van 07.00 uur tot 19.00 uur;
de avondperiode van 19.00 uur tot 23.00 uur;
de nachtperiode van 23.00 uur tot 07.00 uur.

Continue trilling: een trilling die ten opzichte van de grootste trillingstijd (laagste eigenfrequentie) gedurende een lange tijd aanwezig is.

Frequentie: de reciproque van de trillingstijd.

Herhaald voorkomende trilling: kortdurende trilling door weg- of railverkeer (waaronder ook heftrucks, bulldozers, kranen op rails en dergelijke) met een repeterend karakter.

Kortdurende trilling: trilling met een kortdurend (doorgaans korter dan enkele seconden), uitdempend karakter. De trilling wordt veroorzaakt door een stootvormige excitatie.

Niet-stationaire trilling: continue trilling waarvan de sterkte als functie van de tijd niet constant is, of een kortdurende trilling.

Meetduur: tijdsduur waarin met één configuratie meetpunten een meting wordt uitgevoerd.

Meetpunt: positie waar een trillingsgrootte (versnelling, snelheid, verplaatsing) wordt gemeten.

Meetrichting: de richting waarin de trillingsgrootte (versnelling, snelheid, verplaatsing) in een meetpunt wordt gemeten.

Meting: het bepalen van de momentane waarde van de trillingsgrootte gedurende een zekere aaneengesloten tijdsduur door middel van een meetmethode.

Momentane waarde: de waarde van een variërende grootte op een zeker tijdstip.

Snelheid: een vectoriële grootte die de tijdsafgeleide van de verplaatsing weergeeft.

Stationaire trilling: continue trilling die gedurende een lange aaneengesloten periode met een constante sterkte voorkomt.

Streefwaarde: de waarde voor de trillingssterkte waarbij verwacht wordt dat er nog geen trillingshinder optreedt.

Trilling: een variatie van een grootte (verplaatsing, snelheid, versnelling) als functie van de tijd, die de beweging of de positie van een systeem beschrijft waarbij de grootte afwisselend groter en kleiner is dan een gemiddelde waarde.

Trillingssterkte (Engels: vibration severity): in het algemeen de aanduiding van de sterkte of grootte van de trilling in relatie tot het van belang zijnde trillingseffect. In het geval van hinder wordt onder de trillingssterkte verstaan de effectieve waarde van de gewogen trillingsgrootte.

Trillingstijd: de kleinste verschuiving in de tijd waarbij een periodieke tijdsfunctie met zichzelf samenvalt.

Topwaarde: de in absolute zin grootste afwijking van een grootte ten opzichte van de gemiddelde waarde gedurende een zeker tijdsinterval.

Verplaatsing: een vectoriële grootte die de verandering van een positie van een lichaam of van een punt aanduidt ten opzichte van een zekere referentie.

Versnelling: een vectoriële grootte die de tijdsafgeleide van de snelheid weergeeft

5.1 Eenheden

De te gebruiken eenheden en grootheden moeten in overeenstemming zijn met het Internationale Stelsel van Eenheden (SI), zoals vermeld in hoofdstuk 4 (tabel 6, 8 en 9) en bijlage A, beiden van NEN 999:1977, en met NEN 1000:1986.

5.2 Grootheden

In het kader van deze meet- en beoordelingsrichtlijn worden bij voorkeur de hieronder gegeven eenheden aangehouden.

- a versnelling, in m/s²
- f frequentie, in Hz
- f_e eigenfrequentie, in Hz
- g zwaartekrachtversnelling (9,81 m/s²)
- T trillingstijd, in s
- u verplaatsing, in mm
- v snelheid, in mm/s

5.3 Gehanteerde symbolen

De verder in deze richtlijn gehanteerde symbolen zijn hieronder weergegeven.

- A₁ streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}, dimensieloos
- A₂ maximale waarde voor de trillingssterkte V_{max}, dimensieloos
- A₃ streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per}, dimensieloos
- f frequentie, in Hz
- f* frequentie in Hz, waarvoor φ(f) = 0
- f_{max} grensfrequentie van het laagdoorlaatfilter, in Hz
- f_{min} grensfrequentie van het hoogdoorlaatfilter, in Hz
- f_o kantelfrequentie van het wegingsfilter, f_o = 5,6 Hz
- H_{a(f)} wegingfunctie trillingsversnelling, s²/m
- H_{v(f)} wegingfunctie trillingssnelheid, s/mm
- i variabele die het interval van 30 seconden aangeeft waarin v_{eff,max,30,i} is gemeten

- N aantal aaneensluitende tijdsintervallen van 30 seconden in een beoordelingsperiode; voor de dagperiode van 07.00 tot 19.00 uur, N = 1440 voor de dagperiode van 07.00 tot 19.00 uur, N = 1440 voor de avondperiode van 19.00 tot 23.00 uur, N = 480 voor de nachtperiode van 23.00 tot 07.00 uur, N = 960
- n aantal gehele tijdsintervallen van 30 seconden binnen de duur van een meting
- t tijd, in s
- T_b totale tijdsduur dat een trillingsbron in bedrijf is in een beoordelingsperiode, in s
- T_m tijdsduur van de meting, in s
- T₀ tijdsduur van de beoordelingsperiode, in s
- τ tijdconstante, in s
- V_{max} grootste waarde van v_{eff,max} in de beschouwde ruimte, dimensieloos
- V_{per} trillingssterkte over de beoordelingsperiode behorende bij de ruimte, dimensieloos en bepaald op basis van de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde van de maxima v_{eff,max,30,i}. Deze waarde dient uitsluitend te worden bepaald voor het meetpunt en de meetrichting waarin de grootste waarde V_{max} voor de ruimte volgens 9.7 is bepaald.
- v(t) momentane waarde van de gewogen trillingsgrootheid, dimensieloos
- v_{eff}(t) voortschrijdende effectieve waarde van de gewogen momentane trillingsgrootheid, dimensieloos
- v_{eff,max} de grootste waarde van v_{eff}(t) over de meetduur, dimensieloos
- v_{eff,max,30,i} de grootste waarde van v_{eff}(t) in een tijdsinterval van 30 seconden, dimensieloos
- v_{eff,max,stat} de statistisch bepaalde grootste waarde van v_{eff}(t) over de meetduur, dimensieloos
- v_o referentiewaarde van de wegingfunctie, v_o = 1,0 mm/s
- v_{per,meet} de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde van v_{eff,max,30,i} over de meetperiode
- φ(f) maximale referentie fase-frequentie karakteristiek voor het meetsysteem, in graden
- φ_m(f) de fase-frequentiekarakteristiek van het meetsysteem, in graden